

Beiträge

zur

Wissenschaftlichen Botanik

von

Carl Nägeli,

Prof. in München.

Viertes Heft.

Dickenwachsthum des Stengels und Anordnung der Gefässstränge bei den Sapindaceen. Mit Taf. I—X. — Entstehung und Wachsthum der Wurzeln von C. Nägeli und H. Leitgeb. Mit Taf. XI—XXI. — Untersuchungen über den Flechtenthallus von S. Schwendener. II. Laub- und Gallertflechten, Schluss. Mit Taf. XXII—XXIII.

Mit 23 lithographirten Tafeln.

Leipzig,

Verlag von Wilhelm Engelmann.

1868.

INHALT.

Dickenwachsthum des Stengels und Anordnung der Gefässstränge bei den Sapindaceen*). (Taf. I—X.)

Pag.

1. Wesen und Ursprung der besondern Holzringe 1
2. Markscheide und Rindenscheide im Allgemeinen, vorzüglich mit Rücksicht auf die Anordnung der Zellen im Querschnitt des Stengels der Dicotyledonen 13
3. Entwickelungsgeschichte der Gewebe auf dem Querschnitt des Stengels der Sapindaceen 21
4. Längsverlauf der Gefässstränge und der Holzringe im Allgemeinen 37
5. Anordnung der Gefässstränge und Bildung der Holzringe bei einzelnen Arten 45

   Cardiospermum inflatum 45. Urvillea ferruginea 48. Paullinia spec. 54. Paullinia alata 56. Serjania mexicana 58. Serjania caracassana 60. Serjania spec. 66.

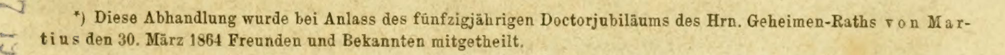
Erklärung der Tafeln I—X 67

Entstehung und Wachsthum der Wurzeln von C. Nägeli und H. Leitgeb (Taf. XI—XXI.) 73

I. Wurzeln der Gefässcryptogamen mit dreiseitiger Scheitelzelle 74
   B. Theorie des Wachsthums der Scheitelzelle und der Segmente 91
   C. Specielle Ausführungen 103
      1. Equisetum . . . . —
      2. Polypodiaceae 111
      3. Marsilia 114

II. Wurzeln und wurzelähnliche Organe der übrigen Gefässcryptogamen und einiger Phanerogamen 116
   A. Wurzeln von Lycopodium 117
   B. Wurzeln und Wurzelträger von Selaginella 124
   C. Wurzeln von Isoëtes 131
   D. Wurzeln einiger Phanerogamen 138
   E. Rhizoide von Psilotum 147

Erklärung der Tafeln 152



*) Diese Abhandlung wurde bei Anlass des fünfzigjährigen Doctorjubiläums des Hrn. Geheimen-Raths von Martius den 30. März 1864 Freunden und Bekannten mitgetheilt.

Pag.

Untersuchungen über den Flechtenthallus von Dr. S. Schwendener.
II. Laub- und Gallertflechten; Schluss. (Taf. XXII—XXIII.) . . . 161

Raccoblennaceae . . . . —
Raccoblenna 162. Lecothecium 163. Micaraea 166. Porocyphus 166.

Ephebaceae 166
Ephebe 167. Spilonema 171. Gonionema 172. Coenogonium 172. Cystocoleus 173.

Gallertflechten 174
I. Collemaceae 182
1. Leptogieae. Mallotium, Leptogium, Obryzum 183
2. Collemeae. Collema, Synechoblastus 185
3. Plectopsoreae. Lempholemma, Plectopsora 187
II. Omphalariaceae 189
Omphalaria, Enchylium 189. Psorotichia 192.

Nachtrag 195
Erklärung der Tafeln XXII, XXIII 200

Dickenwachsthum des Stengels und Anordnung der Gefässstränge bei den Sapindaceen.

Die Sapindaceen gehören wohl zu den merkwürdigsten Beispielen abnormaler Holzbildung. Manche von ihnen besitzen ausserhalb des gewöhnlichen Holzcylinders noch mehrere, meist kleinere, aber sonst ganz gleich sich verhaltende Holzcylinder (VI, 17; IX, 11). Wir finden hier gewissermassen das Gegentheil von dem, was uns Phytolacca zeigt, wo im Marke Gefässstränge auftreten, von denen jeder einem Holzcylinder im Kleinen ähnlich sieht. Ich will zuerst das Charakteristische und Gemeinsame in der Anordnung der Holzpartieen, in der Gewebebildung überhaupt und im Verlauf der Gefässbündel bei den Sapindaceen, namentlich mit Rücksicht auf die Entwicklungsgeschichte betrachten, und nachher noch die Anordnung der Stränge bei einzelnen Arten beschreiben.

---

1. Wesen und Ursprung der besondern Holzringe.

Das anatomische Verhalten des Sapindaceenstengels ist bekannt, und durch jeden Quer- und Längsschnitt leicht zu ermitteln. Das Mark (IX, 11, ν) ist umgeben von einer Markscheide (ω) und einem Holzring (ausserhalb ω), den ich den allgemeinen nennen will. Auf den Holzring folgt der allgemeine Cambiumring (φ, φ_1), dann die Epenrinde (χ, σ), der Bastring (ϱ) und zuletzt die Protenrinde (μ, μ_1) mit Epidermis oder Periderm. Stellenweise ist die Epenrinde mächtiger und schliesst kleinere Holzringe ein, die ich im Gegensatz zum allgemeinen als besondere bezeichnen will. Der besondere Holzring ist ringsum von einem (besonderen) Cambiumring (ξ, π) umschlossen und schliesst ein Mark ein, welches aus dem gleichen Gewebe besteht wie die Markscheide innerhalb des allgemeinen Holzringes. Die besondern Holzringe, in der Zahl von 1—8 vorhanden, sind rücksichtlich ihres Baues dem allgemeinen durchaus analog; an der innern Grenze (zwischen Holz und Mark) befinden sich einige Stränge von abrollbaren Gefässen; im Holz selbst kommen nur poröse Gefässe vor.

Wenn man den ältern Stamm einer Sapindacee mit den besprochenen abnormalen Holzringen im Querschnitt betrachtet, so scheint es auf den ersten Anblick, als ob Zweige dem Stamm angewachsen wären. Schleiden (Grundzüge, 3. Aufl., II, 166) sagt, dem genauen Beobachter widerlege sich aber diese Ansicht sogleich durch den Mangel des Markes in den äussern Holzportionen. Darauf ist indess zu entgegnen, dass dem genaueren Beobachter das Mark wieder zum Vorschein kommt; es mangelt nie, wird aber leicht übersehen, weil seine Zellen oft dicke Wandungen haben, und desswegen auf dem Querschnitt den Holzzellen ähnlich sehen. Der Längsschnitt zeigt aber, dass es kürzere und parenchymatische Zellen sind.

Dieses Mark der besondern Holzringe hat nun zwar eine andere morphologische Bedeutung als dasjenige des allgemeinen. Es entsteht nämlich, wie ich zeigen werde, nicht aus Meristem, sondern aus Cambium, und ist somit nicht als Proten- sondern als Epenmark zu bezeichnen. — Uebrigens bemerke ich, dass die An- oder Abwesenheit des Markes durchaus gleichgültig ist für die Entscheidung der Frage, ob ein Complex von Holz und andern Geweben als Theil eines Stengels oder als ganzer Stengel zu betrachten sei. Denn es gibt nicht nur unter den Gefässkryptogamen, sondern auch unter den Dicotyledonen Beispiele, wo das Mark in einem Stammtheil viel vollständiger mangelt, als in den besondern Holzringen der Sapindaceen.

Die Ansicht der Zweignatur wurde dagegen neuerlich von Schacht wiederholt (Anat. u. Phys. der Gewächse II. 59). Er sagt: Die äussern Holzringe entstehen hier aus Seitenknospen des centralen Holzringes (die bei einer Serjania axillar zu sein scheinen), sie bilden Zweige, welche für eine Zeit lang mit dem innern Hauptstamm nahebei parallel fortwachsen und mit ihm durch eine gemeinsame Rinde verbunden bleiben etc. — Schon der mit blossem Auge zu verfolgende Längsverlauf der besondern Holzringe macht aber eine solche Theorie unwahrscheinlich; denn manchmal verlieren sie sich nach oben wieder theilweise in den Stamm. Die Anatomie zeigt ihre Unmöglichkeit; denn die Gefässstränge der sogenannten Zweige gehen in die Blätter des Stammes aus, und ein einziger gemeinsamer Bastring umgiebt die besondern sammt dem allgemeinen Holzring. Die Entwickelungsgeschichte sowohl der morphologischen, als der anatomischen Verhältnisse weist die gänzliche Grundlosigkeit nach; denn der windende Sapindaceenstengel wird wie jeder andere Dicotyledonenspross mit einzelstehenden Blättern und Axillarknospen angelegt, aus denen wirkliche, von der Basis an frei bleibende Zweige hervorgehen; die zwischen den Blättern befindlichen Internodien sind anfänglich, auch rücksichtlich ihres Gewebes, nicht von denen der normalgebildeten Dicotyledonen zu unterscheiden, und erst nach und nach entwickelt sich ihr abweichender Bau.

Die morphologische Bedeutung der besondern Holzringe kann nur aus ihrer Entwickelungsgeschichte und aus dem Vergleiche derselben mit der Entwickelungsgeschichte der übrigen Dicotyledonenstengel erkannt werden.

In der Stammspitze aller Dicotyledonen werden in dem parenchymatischen Bildungsgewebe (Urmeristem) Cambiumstränge sichtbar (X, 1), aus denen die in

die Blätter ausbiegenden gemeinsamen Gefässstränge sich entwickeln. Diese Cambiumstränge sind zuerst isolirt, nachher werden sie durch den Cambiumring verbunden. Die Gestalt des letztern hängt von der Stellung der erstern ab. Zuweilen liegen die Stränge ziemlich genau in einem Kreise oder in einem Oval. Häufig sind sie abwechselnd mehr und weniger von dem Centrum des Stengels entfernt, wodurch eine Markscheide entsteht, deren Ecken ungleich vorspringen; aber die weiter nach innen gelegenen Stränge entstehen etwas früher und holen die äussern und später entstehenden durch ihr Dickenwachsthum ein. In beiden Fällen zeigt der Cambiumring eine ziemlich regelmässige, kreisrunde oder ovale Form.

Es können aber auch die Cambiumstränge ziemlich gleichzeitig entstehen und doch ungleich weit vom Centrum entfernt sein. Oder es wird diese Ungleichheit, bei ungleichzeitiger Anlegung, durch das geringe Dickenwachsthum nicht ausgeglichen. In diesen Fällen zeigt sich der Cambiumring nicht gleichmässig gerundet, sondern mit vorspringenden Ecken. Dabei hat er bald eine regelmässige 3, 4, 5eckige, bald eine unregelmässige Form. Unter den Sapindaceen mit normalem Bau gibt es namentlich auch solche Beispiele (I, 4, 6, 7; IV, 5, 6).

Wenn die Cambiumstränge, die auf einem Querschnitt der Stammspitze sich bilden, so ungleich grosse Abstände vom Centrum zeigen, dass der Cambiumring sie nicht alle vereinigen kann, so entstehen entweder jene Bildungen, wie sie Phytolacca, die Nyctagineen etc. zeigen, oder jene, welche wir bei den Sapindaceen mit abnormalem Bau finden. Im erstern Falle bleiben einige Stränge zerstreut im Marke zurück, und nur die äussern werden durch den Cambiumring verbunden. Im zweiten Falle vereinigt der Cambiumring die innern Stränge und die äussern werden ausgeschlossen. Den letzteren Vorgang will ich im Folgenden einlässlicher betrachten.

Die Cambiumstränge, welche in dem Urmeristem der Stammspitze sichtbar werden und dazu bestimmt sind, sich in Gefässstränge zu verwandeln, entstehen bei den windenden Sapindaceen nicht gleichzeitig auf dem Querschnitte; sie sind ferner ungleich gross und liegen meistens in sehr ungleichen Abständen vom Centrum. An einzelnen Stellen, die den Kanten des Stengels entsprechen, bilden sie sogar 2 (oder 3) Lagen, eine äussere und eine innere. Das Meristem zwischen den Strängen verwandelt sich, wie es bei den Dicotyledonen gewöhnlich der Fall ist, in Cambium, welches auch hier in Form eines Ringes auftritt. Derselbe ist aber wegen der ungleichen Entfernung der Stränge vom Centrum einmal aus- und einwärts gebogen. Ferner nimmt er, wo 2 oder mehrere Stränge radial hintereinander stehen, dieselben sammt dem zwischenliegenden Meristem in sich auf, so dass er an diesen Stellen viel dicker wird.

Der Vorgang, wie ich ihn eben geschildert habe, lässt sich nur selten und nur undeutlich verfolgen. In den Stengelecken wird oft nur ein verdickter Strang von Anfang an sichtbar. Zuweilen erscheint auch gleich ein zusammenhängender Ring. Da aber in den allerersten Zuständen für manche Fälle eine Unterbrechung des Cambiums in tangentialer Richtung und in andern eine Unterbrechung desselben in radialer Richtung sicher ist, und diese Unterbrechungen mit der

spätern Anordnung der Gefässpartieen zusammenstimmen, so spricht die Wahrscheinlichkeit durchaus dafür, dass das Cambium ursprünglich immer in ebenso vielen isolirten Strängen angelegt werde, als sich nachher Gefässstränge unterscheiden lassen.

Mögen nun die ersten Stadien mehr oder weniger sich der Beobachtung entziehen, so tritt immer bald ein Zustand ein, wo auf dem Querschnitt des Stengels ein Cambiumring von unregelmässiger Form und mit knotenförmigen Anschwellungen in den Ecken deutlich ist. In demselben werden dann einzelne Gefässgruppen sichtbar, die in ihrer Entstehungsfolge denjenigen der anfänglichen Cambiumstränge entsprechen. Das innerste und das äusserste Gewebe des Cambiumringes fängt an, in Dauergewebe sich zu verwandeln, und einerseits die Markscheide, anderseits den Bastring und die äusserste Partie des secundären (oder Epen-) Rindenparenchyms zu bilden.

Haben die Gefässstränge annähernd eine analoge Stellung wie bei der Mehrzahl der Dicotyledonen, so stimmt auch das weitere Verhalten der Gewebebildung mit denselben überein. Befinden sich aber in einer Stengelecke mehrere Gefässstränge, die sehr ungleich weit vom Centrum entfernt sind, so treten abweichende Erscheinungen auf; zwischen diesen Gefässsträngen, von denen immer zuerst die äussern, nachher die innern sichtbar werden, geht das Cambium in Dauergewebe über, während es ausserhalb und innerhalb noch im Zustande des Bildungsgewebes beharrt. Man hat jetzt mitten in der Verdickung des Cambiumringes eine isolirte Partie von Dauergewebe; der Cambiumring spaltet sich an dieser Stelle in 2 Lamellen, wie ein Fluss, in dem eine Insel liegt.

Dieser Zustand, der bei sehr ungleichem Abstand der Gefässstränge vom Mittelpunkt wohl immer eintritt, kann sich in verschiedener Art weiter bilden. In dem einen Falle setzt sich die Insel von Dauergewebe mit der Markscheide in Verbindung, indem das zwischenliegende Cambium ebenfalls in Dauergewebe übergeht. Der allgemeine Cambiumring bildet dann an dieser Stelle eine nach aussen vorspringende Falte, in welche die Markscheide mit einem Fortsatze hineinragt, und er berührt alle einzelnen Gefässgruppen. Diese Cambiumfalte ist von halbrunder, selbst von fast kreisrunder Gestalt, mit weiter oder enger Mündung auf der Seite des Markes (IV, 6). Die Form wird erst recht deutlich, wenn der Holzring sich zu bilden angefangen hat (III, 13, 14; VI, 17, a; VII, 8 bei g, e und h; IX, 2, 6, 11). Die Gefässstränge, welche zuerst angelegt wurden, befinden sich in der Mitte der Ausfaltung, die spätern im Halse derselben.

Im andern Falle aber zerfällt die Cambiumlamelle, welche auf der Innenseite der Insel von Dauergewebe liegt, in zwei durch Dauergewebe geschiedene Blätter, von denen das innere sich in den allgemeinen Cambiumring fortsetzt und einen Theil desselben ausmacht, das äussere aber mit dem auf der Aussenseite der Insel sich herumziehenden Cambium einen besondern Ring darstellt. Dieser besondere Ring, der sich nach und nach zu einem Holzring ausbildet, vereinigt meistens alle in der Stengelecke befindlichen Gefässstränge; von den letztern kann aber auch der eine oder andere in den allgemeinen Ring aufgenommen

werden. — Diess ist der Verlauf im Allgemeinen; ich will denselben, wie er bei Serjania caracassana beobachtet werden kann, noch ausführlicher von Anfang beschreiben.

Der Cambiumring, welcher sich aus dem Urmeristem der Stengelspitze ausscheidet, ist wie gewöhnlich in den Ecken verdickt. In einer solchen Verdickung werden zuerst einige Gefässe sichtbar, die eine oder zwei neben einander liegende Gruppen darstellen; es sind die äussern Gefässstränge des künftigen besondern Holzringes (X, 3; 4; 6, f; 7, f). Ferner beginnt der äusserste Theil des Cambiums sich in Bast, der darauffolgende in Epenparenchym (secundäre Rinde) zu verwandeln; der innerste Theil des Cambiums wird zur Markscheide. In einiger Entfernung nach einwärts von dem einen oder den zwei Gefässsträngen treten etwas später einer oder mehrere Gefässstränge auf (VII, 1; X, 8, g); sie sind für die innere Seite des besondern Holzringes bestimmt. Zwischen den äussern und innern Gefässsträngen verwandelt sich das Cambium in Dauergewebe (X, 8, τ); es ist das Mark des besondern Holzringes und nach seinem anatomischen Character vollkommen identisch mit der Markscheide des allgemeinen Ringes.

Der allgemeine Cambiumring ist jetzt auf eine bestimmte Strecke in zwei Lamellen gespalten, welche die Gefässstränge und das zwischen ihnen befindliche Dauergewebe einschliessen (X, 3, 4). Dieser Zustand dauert indess nicht lange. Die innere Lamelle des Cambiumringes wird beträchtlich dicker, und zerfällt, indem eine mittlere Zone zu Dauergewebe wird, in drei parallele Lamellen: eine äussere und eine innere Cambiumschicht, und eine mittlere Schicht von Dauerparenchym, zuweilen mit einem oder einigen Gefässsträngen (X, 5; in Fig. 7 u. 8 hat diese Scheidung eben begonnen, π ist das äussere, φ das noch kaum angedeutete innere Cambium, χ das Dauergewebe). Diese mittlere Lamelle (5 zwischen π und φ) setzt sich beiderseits fort, bis sie die secundäre Rinde des allgemeinen Ringes trifft. Damit hat sich das Cambium in zwei einander nicht mehr berührende Theile geschieden, eine innere Partie, die dem allgemeinen Cambiumring angehört (5, φ) und eine äussere Partie, die einen vollständigen besondern Ring darstellt (5, ξ—π). Auf dem Radius, welcher durch die Stengelkante geht, bemerkt man somit von innen nach aussen 1) das Protenmark, 2) die Markscheide mit oder ohne Gefässstränge, 3) den allgemeinen Cambiumring (X, 8, φ), 4) ein Dauergewebe, welches als secundäre Rinde zu bezeichnen ist (χ), 5) der innere Theil des besondern Cambiumringes (π), 6) das Epenmark, welches derselbe einschliesst (τ) mit Gefässbündeln an der innern und äussern Seite (f, g), 7) der äussere Theil des besondern Cambiumringes (ξ), 8) die secundäre Rinde (σ), 9) der Bastring (ϱ), 10) die Protenrinde (μ). Alle Gewebetheile, welche zwischen dem Protenmark und der Protenrinde liegen, sind aus Cambium entstanden und somit als Epen zu bezeichnen.

Auf diese Art bilden sich fast ohne Ausnahme alle besondern Holzringe. Die innere Seite derselben hat dabei gewöhnlich einen oder mehrere Gefässstränge aufgenommen (VI, 17; IX, 11), indess häufig keine für den allgemeinen Holzring an der entsprechenden Stelle übrig bleiben. In seltenen Ausnahmen oder nur an bestimmten und begrenzten Stellen kann der besondere Holzring aus ei-

nem einzigen Gefässstrang sich entwickeln. Dann trennen sich die beiden Lamellen, in die der Cambiumring unter einer Stengelkante gespalten ist und welche die Insel von Dauergewebe umschliessen (X, 3, 4), in der Art von einander, dass die Verbindungsstellen beiderseits in Dauergewebe übergehen und somit die von den beiden Cambiumlamellen früher eingeschlossene Insel nunmehr mit der Epenrinde in Communication tritt. Die innere Cambiumlamelle gehört jetzt vollständig dem allgemeinen Cambiumring an, die äussere stellt einen unvollständigen, nach innen geöffneten Ring dar. Die gleiche Gestalt hat auch der aus demselben hervorgehende Holzring (II!, 15). Derselbe kann sich auch früher oder später beinahe oder vollständig schliessen; er ist dann fast marklos.

Der besondere Cambiumring verhält sich rücksichtlich seiner Function genau wie der allgemeine. Der letztere vermehrt fortwährend seine Zellenzahl, und in gleichem Maasse gehen fortwährend die Zellen an seiner concaven Seite in Xylem (Holzzellen und poröse Gefässe), diejenigen an seiner convexen Seite in Phloëm (Epenrinde) über. Ebenso sind die Zellen des besondern Cambiumringes, solange der Stengel lebt, in Vermehrung begriffen; an seiner concaven Seite bildet er einen Holzring, welcher aus Holzzellen und porösen Gefässen zusammengesetzt ist, und sich an die ursprünglichen aus abrollbaren Gefässen bestehenden Stränge anlehnt; an seiner convexen Seite erzeugt er ringsum secundäre Rinde (IX, 11, σ, χ). Beide, Holzring und secundäre Rinde, werden immer mächtiger.

Je älter der Stammtheil wird, desto mehr entfernt sich der Bastring von dem allgemeinen und von den besondern Holzringen, weil beide fortwährend secundäre Rinde bilden (IX, 11, σ und $\chi\sigma$). Je älter der Stammtheil wird, desto mehr entfernt sich auch der besondere Holzring von dem allgemeinen, und dafür ist eine doppelte Ursache vorhanden, weil das Cambium des einen und des andern zur Vergrösserung des zwischengelegenen Rindenparenchyms beiträgt (IX, 11, χ).

Es frägt sich nun, wie die Erscheinung der besonderen Holzringe mit dem gewöhnlichen Dicotyledonentypus vereinigt werden kann. Der letztere ist bei den nicht schlingenden Sapindaceen und selbst bei manchen schlingenden in seiner ganzen Reinheit vorhanden, und macht sich bei den übrigen oft stellenweise geltend. Es gibt Arten, wo die besondern Holzringe ausserhalb des allgemeinen bald vorhanden sind, bald mangeln. Selbst an dem gleichen Spross folgen die einen Internodien dem gewöhnlichen Typus, während andere 1, 2 oder 3 besondere Holzringe zeigen; oder die besonderen Holzringe sind nur an einzelnen Stengelseiten vorhanden. Daraus geht jedenfalls mit Sicherheit hervor, dass das abnormale Verhalten mancher Sapindaceen, so fremdartig es aussieht, doch mit der gewöhnlichen Bildung nahe verwandt sein muss.

Der Character der Dicotyledonen, worin sie alle mit einander übereinstimmen und sich von den Monocotyledonen und Gefässkryptogamen unterscheiden, besteht darin, dass ein Cambiumstrang, indem er auf der einen Seite (nach innen) Xylem, auf der andern (nach aussen) Phloëm bildet, in der Mitte Cambium bleibt, und nach rechts und links mit andern Cambiumsträngen sich zu vereinigen und einen Ring zu bilden das Bestreben hat. Beim gewöhnlichen Dicotyledonentypus

werden alle Stränge des Querschnittes in einen einzigen Ring verbunden. Wenn man den besondern Holzring an solchen Sapindaceenstengeln, welche die abnormale Bildung nur an einzelnen Internodien zeigen, aufwärts oder abwärts verfolgt, so sieht man, wie er sich in den allgemeinen Holzring öffnet und sich als Falte desselben fortsetzt. Es scheint nun, hierauf gestützt, die Theorie nahe zu liegen, dass in dem Sapindaceenstengel wie beim gewöhnlichen Dicotyledonentypus ursprünglich alle Stränge in einen einzigen Cambiummantel vereinigt werden, welcher wegen ihrer ungleichen Entfernung vom Centrum in weitere und engere, seichtere und tiefere Falten gelegt ist. Wenn eine solche Falte weit nach aussen vorspringt und innen eine enge Mündung hat, so verwachsen ihre beiden Blätter in dieser Mündung, indem sie durch zwischengelagertes Cambium sich vereinigen. Dadurch schliesst sich die Falte zu einem besondern Ring, welcher zuerst noch durch Cambium mit dem allgemeinen Ring zusammenhängt, und dann von demselben sich lostrennt, indem das verbindende Cambium zu secundärem Rindenparenchym wird.

Indessen wenn auch diese Erklärung durch den Längsverlauf der Gewebe nahegelegt wird, so ist doch nicht gesagt, dass die Veränderungen, welche ein Zweig von oben oder von unten angefangen bis zu einer gewissen Stelle darbietet, auch diejenigen seien, welche diese Stelle während ihrer Entwickelung durchlaufen hat. Ueberdem sprechen für die genannte Theorie weder die Entwickelungsgeschichte, noch stimmt mit ihr der Umstand, dass die Stränge in der Regel eine Lage zeigen, welche ihre Vereinigung in den nämlichen Ring unmöglich zu machen scheint. Es muss daher der Zusammenhang zwischen dem gewöhnlichen Typus der Dicotyledonen und der abnormalen Bildung der Sapindaceen auf eine andere Weise gesucht werden.

Die Entwickelungsgeschichte zeigt uns, wie schon früher bemerkt, innerhalb der Stengelecken, wo später ein besonderer Ring sich bilden soll, zuerst einige zerstreute Cambiumstränge. Dieselben sind indessen selten deutlich zu sehen, weil sie bald durch zwischenliegendes Cambium vereinigt werden, und nur eine verdickte Partie des allgemeinen und noch einzigen Cambiumringes darstellen. Die Stellen jener ursprünglichen Cambiumstränge werden aber bald wieder deutlich, indem daselbst die ersten Gefässe auftreten. In analoger Weise sieht man in manchen dem gewöhnlichen Typus folgenden Dicotyledonenstengeln zuerst die in einem Kreise stehenden getrennten Cambiumstränge; dann verschwinden dieselben in dem Cambiumring, und werden nachher wieder als Gefässgruppen sichtbar. Diese Gefässgruppen bleiben durch eine ihre äussere Fläche berührende Cambiumlamelle verbunden, indess das übrige (innere und äussere) Cambium in Dauergewebe (einerseits Markscheide, anderseits Bast und äusserste Partie des Epenrindenparenchyms) übergeht. Ebenso verwandelt sich die ganze innerhalb einer Kante des Sapindaceenstengels liegende Cambiummasse in Dauergewebe mit Ausnahme von Lamellen, welche alle einzelnen Gefässgruppen berühren und unter sich verbinden. Die Ursache nun für die verschiedenen Bildungen liegt einzig in der räumlichen Vertheilung der Gefässstränge auf dem Querschnitte. Zuweilen erlaubt ihre Anordnung, dass das Bestreben mit andern benachbarten

Strängen sich zu vereinigen, durch einen einzigen Cambiumring befriedigt wird. Häufig aber ist dies wegen ihrer eigenthümlichen Stellung unmöglich, und es bildet sich demnach ausser dem allgemeinen noch ein besonderer Ring.

Diese Theorie wird, wie mir scheint, durch alle Erscheinungen bestätigt, und ich kenne keine Thatsache, die dagegen spräche. Es sind namentlich zwei Punkte von Wichtigkeit: 1) die Anordnung der Gefässstränge, und 2) ihr causales Verhältniss zum Cambiumring; ich will dieselben noch etwas näher besprechen. In ersterer Beziehung ist einmal hervorzuheben, dass beinahe nie ein einziger Gefässstrang einen besondern Holzring erzeugt, sondern dass dazu in der Regel zwei oder mehr Stränge erforderlich sind. Ein einziger Strang, wenn er auch weit von dem allgemeinen Cambiumring abliegt, hat immer die Neigung in eine Falte desselben aufgenommen zu werden. Es ist dies begreiflich, da das Cambium eines Stranges nur durch dasjenige eines anderen näherliegenden von der Vereinigung mit dem allgemeinen Cambiumring abgehalten, und zur gemeinschaftlichen Bildung eines besondern Ringes veranlasst werden kann.

Wenn innerhalb einer Kante mehrere Gefässstränge in ungleichen Abständen von dem Centrum liegen, so werden dieselben jedesmal durch den allgemeinen Cambiumring (d. h. durch eine Falte desselben) verbunden, vorausgesetzt, dass sie von diesem nicht allzu entfernt sind und dass sie durch ihre gegenseitige Lage eine Ausfaltung des Cambiummantels gestatten. Was den letztern Punkt betrifft, so muss es als besonders günstig bezeichnet werden, wenn ein äusserer Strang so vor zwei innere gestellt ist, dass sein Radius mitten zwischen diesen beiden hindurch geht. Liegt ein solches mit der Basis nach dem Marke gekehrtes Strangdreieck nicht weit von dem allgemeinen Cambiumring entfernt, so wird es wohl immer in eine Falte desselben aufgenommen (VI, 17, a; IV, 6, α, α_1; IX, 1, k; 2, g; 11, d). Ist es aber weit nach aussen gerückt, so kann es einen besondern Ring ausserhalb des allgemeinen bilden. Ein besonderer Ring wird ferner wohl immer durch zwei Gefässstränge hervorgebracht, die auf dem nämlichen Radius hinter einander liegen, selbst wenn sie dem allgemeinen Ring sehr nahe sind, denn eine Vereinigung derselben vermittelst einer Falte ist undenkbar (VI, 17, d, g; II, 5; IX, 1, q, n). Ausserdem entstehen besondere Cambiumringe, wenn drei Stränge zusammen ein Dreieck bilden, dessen Scheitel nach dem Mittelpunkt gekehrt ist (VI, 17, b, e), ferner wenn zwei äussere Stränge genau vor zwei innern stehen (VI, 17, f), endlich überhaupt wenn 4, 5 oder 6 Stränge so angeordnet sind, dass sie eine äussere und eine innere Reihe bilden (IX, 2, m; 11, e – c, h – f.); und die abnormale Bildung tritt immer um so eher ein, je weiter diese Stranggruppen nach aussen von dem allgemeinen Cambiumring liegen, weil mit der Entfernung die Möglichkeit der Faltenbildung abnimmt.

Ein anderer Punkt ist das causale Verhältniss der Stränge zum Cambiumring. Ich habe früher (Heft I, 133) für Chamaedorea gezeigt, dass die Theorie, es entstehen die Gefässstränge in dem Cambium- oder Verdickungsring, und es werde, da der letztere von innen nach aussen sich bewegt, ihr Abstand vom Centrum durch die Zeit ihres Entstehens bedingt, nicht mit den zu beobachtenden Thatsachen übereinstimmt. Auch die Sapindaceen liefern, abgesehen davon, dass die

Anwesenheit von besondern Cambiumringen sich mit jener Theorie nicht vereinigen liesse, entschiedene Beweise dagegen. Denn hier ist es sogar Regel, dass äussere Gefässstränge vor solchen entstehen, die auf dem nämlichen Radius weiter nach innen liegen, was natürlich nicht der Fall sein könnte, wenn die Stränge vom Verdickungsring gebildet würden, da der letztere nie von aussen nach innen fortschreitet. — Die Stellung der Cambium- und somit der Gefässstränge hängt also nicht von der Lage des Cambiumringes ab. Vielmehr wird diese durch jene bestimmt; denn die Stränge sind es, welche im Urmeristem immer zuerst sichtbar werden, und bei den Sapindaceen ist es sehr deutlich, wie die Cambiumringe sich in ihrer oft unregelmässigen und sonderbaren Gestaltung nach der Vertheilung der Stränge richten. Wenn wir die Holzbildung der Sapindaceen von diesem Gesichtspunkte aus betrachten, so erklärt sie sich auf ziemlich einfache Weise aus dem gewöhnlichen Verhalten des Dicotyledonen-Gefässstranges, wie ich bereits gezeigt habe.

Die eigenthümliche Anordnung der Stränge ist also die Ursache der besondern Holzringe. Man könnte vielleicht einwenden, warum denn nicht auch bei andern Pflanzen, wo die Gefässstränge einen ungleichen Abstand vom Centrum haben, die nämliche abnormale Holzbildung vorkomme. Dieser Einwurf scheint mir aber nicht schwierig zu beseitigen. Erstlich sind natürlich alle Stammtheile von jähriger Dauer, sowie diejenigen, deren Gefässstränge begrenztes Dickenwachsthum haben, auszuschliessen, weil sich da oft überhaupt keine Holzringe entwickeln. Von den übrigen Stammtheilen, deren Gefässstränge ungleich weit vom Centrum abstehen, sind ferner diejenigen auszuschliessen, bei denen die äussern Stränge einen Ring bilden und die innern im Marke zerstreut liegen; denn die letztern sind einzeln stehend (nicht in Gruppen vereinigt) und haben ebenfalls begrenztes Dickenwachsthum. Dieselben verhalten sich ähnlich wie einzelne Stränge im Sapindaceenstengel, welche sehr weit ausserhalb des allgemeinen Cambiumrings liegen. Da sich keine andern Stränge in der Nähe befinden, mit denen sie sich vereinigen könnten, so nimmt der einzelne Strang eine rinnenförmige Gestalt an und schliesst sich wohl auch zu einem vollständigen kleinen Ring. Dabei tritt aber die charakteristische Differenz auf, dass die im Marke befindlichen Stränge nach aussen, die in der Rinde liegenden nach innen sich einbiegen. Jene bilden daher kleine Holzringe, welche den Bastkörper im Innern, das Holz am Umfange haben (so bei Phytolacca, vgl. Heft I, 15); bei diesen ist die Lage der Theile umgekehrt (Taf. III, 15). Dieser Gegensatz scheint mir durch den Umstand erklärt zu werden, dass die Cambiumstränge das Bestreben haben, mit dem Cambiumring sich zu vereinigen, und daher gegen denselben sich einbiegen.

Es sind somit nur die Stengel mit zerstreuten Strängen ausserhalb des Strangkreises, welche die Veranlassung zur Bildung von besondern Cambiumringen geben können. Diese Stränge kommen aus den Blättern. Sobald sie sich den übrigen Strängen auf eine gewisse Entfernung genähert haben, erfolgt die Vereinigung durch eine Cambiumlamelle, und soweit es immer möglich ist, die Vereinigung aller Cambiumlamellen in einen einzigen Ring. Die Bildung von besondern

Ringen hat nur statt, wenn die Stränge wegen ihrer Anordnung sonst nicht in Verbindung treten können. Bei den schlingenden Sapindaceen weicht nun diese Anordnung von der gewöhnlichen Kreisstellung mehr ab, als diess bei andern Gewächsen der Fall ist; dennoch unterbleibt auch bei ihnen sehr häufig die Bildung von besondern Holzringen. Es ist daher begreiflich, dass sie überhaupt beinahe die einzigen Beispiele für diese abnormale Erscheinung liefern.

Die bisher erörterten Gründe beweisen, dass die Anordnung der Cambiumstränge den Verlauf des allgemeinen Cambiumringes, sowie die Bildung von besondern Ringen bedingt. Die weitere Entwickelung der Stränge aber hängt ihrerseits, wenigstens mit Rücksicht auf die Richtung des Dickenwachsthums, von den Cambiumringen ab. Im gewöhnlichen Dicotyledonenstengel, wo anfänglich ein Kreis von Cambiumsträngen, dann ein dieselben verbindender Ring auftritt, schreitet die Gefäss- und Holzbildung von innen nach aussen, die Bast- und Epenrindenbildung von aussen nach innen fort, sowohl in jedem einzelnen Strang, als in dem sie verbindenden Ring. Die Elemente zeigen eine radiale Anordnung, was besonders dann deutlich wird, wenn die Stränge sich stark, der verbindende Ring sich wenig entwickelt. Man sieht dann z. B. auf dem nämlichen Radius nach einander einen Strang von Siebröhren, einen Strang von abrollbaren Gefässen (erst Ring-, dann Spiralgefässe), Holz mit porösen Gefässen, Cambium, secundäre Rinde (mit Siebröhren), Bast. Für diese Wachsthumsrichtung sind zwei Ursachen denkbar: entweder wird sie durch den ganzen Querschnitt des Stengels bedingt, und dann muss sie ihrem Wesen nach als eine radiale bezeichnet werden; oder sie hängt von dem Cambiumring ab, indem sie rechtwinklig auf demselben steht. Man möchte wohl geneigt sein, das Erstere anzunehmen; allein die Sapindaceen zeigen, dass das Letztere wirklich der Fall ist. Ueberall nämlich, wo der Cambiumring eine nicht concentrische Richtung hat, wird das Dickenwachsthum der Gefässstränge durch denselben und nicht durch den Radius des Stengels bestimmt. So finden wir in den Falten des allgemeinen Cambiumringes den Dickendurchmesser der Gefässstränge bald genau radial, bald genau tangential (mit dem Stengelumfang parallel), bald in einer mittleren schiefen Lage, — aber immer rechtwinklig zum Cambiumring. Es kommt z. B. nicht selten vor, dass in dem Hals einer Falte zwei Gefässstränge einander gegenüberliegen, deren Wachsthumsrichtung in der nämlichen geraden Linie liegt, aber in entgegengesetztem (abgekehrtem) Sinne fortschreitet (IX, 11 ε, und $\varepsilon_{,,}$). Noch auffallendere Beispiele geben uns die besondern Holzringe, wo ebenfalls die Stränge auf jedem Punkte rechtwinklig zu der dortigen Cambiumlamelle in die Dicke wachsen. Dessnahen sind z. B. diejenigen Stränge, welche an der innern Seite eines besondern Ringes sich befinden, nach dem Centrum des Stengels gekehrt (indem die abrollbaren Gefässe nach aussen, die porösen nach innen liegen, IX, 11, c, e, p), während im gewöhnlichen Dicotyledonenstengel das Umgekehrte statt hat. Vergleichen wir Sapindaceenstengel ohne Faltenbildung des Cambiumringes, solche mit Falten und solche mit besondern Ringen, so finden wir, dass der nämliche Gefässstrang bei gleicher Stellung auf dem Querschnitt im ersten Fall radial nach aussen, im zweiten tangential- oder schiefseitlich, im dritten radial oder schief nach innen gekehrt ist, dass er also mit Rück-

sicht auf den Stengelhalbmesser alle möglichen Richtungen annehmen kann, während seine Beziehung zu der ihn bedeckenden Cambiumlamelle immer die nämliche ist.

Aus den eben mitgetheilten Thatsachen ergiebt sich, dass bei den Sapindaceen das Dickenwachsthum der Gefässstränge dem Cambiumring und nicht dem Stengelradius folgt, wo diese beiden Richtungen im Widerspruch mit einander sind. Im gewöhnlichen Dicotyledonenstengel fallen beide Richtungen zusammen, und stimmen daher in ihrer Wirkung überein. Die Gefässbündel aber, welche nicht in einen Cambiumring verbunden sind, wie die im Marke zerstreuten bei einigen Dicotyledonenfamilien, haben bekanntlich fast ausnahmslos den Holztheil auf der dem Centrum, den Basttheil auf der dem Umfange zugekehrten Seite. Ihr Dickenwachsthum ist, wenigstens anfänglich ein streng radiales und wird durch den Stengel als Ganzes bestimmt.

Ueberall, wo nun eine Abweichung von dieser normalen radialen Anordnung eintritt, ist sie immer erst secundär, und wird dadurch veranlasst, dass die Cambiumlamelle von der concentrischen Richtung abweicht. Diess ergiebt sich deutlich aus der Entwickelungsgeschichte des Stengels von Phytolacca und der Sapindaceen. Die im Marke isolirten Cambiumstränge von Phytolacca beginnen ihr Dickenwachsthum in radialer Richtung, indem sie nach aussen Bast, nach innen Holz bilden. Nach und nach biegt sich aber das Cambium nach aussen und schliesst sich selbst zu einem Ring, welcher nun überall auf seiner innern Fläche Phloëm, auf seiner äussern Fläche Xylem erzeugt. Man findet daher an den kleinen Holzringen des Phytolaccamarkes Spiral- und Ringgefässe nur auf der dem Mittelpunkte des Stengels zugekehrten Seite, poröse Gefässe aber auf allen Seiten.

Ganz analog verhalten sich die einzelnen Gefässstränge in der Rinde der Sapindaceen, welche ausnahmsweise jeder für sich allein einen kleinen Holzring erzeugen. Die Bildung von Holz und Bast beginnt in radialer Anordnung, jenes nach innen, dieser nach aussen. Sowie die Cambiumlamelle sich biegt und zum Ringe wird, tritt eine entsprechende Abweichung in der Richtung ein. Die Differenz gegenüber von Phytolacca betrifft nur die schon besprochene Erscheinung, dass im einen Falle die Schliessung nach aussen, im andern nach innen erfolgt, und dass im einen Falle der Bast, im andern das Holz das Eingeschlossene ist.

Gewöhnlich wird jeder besondere Cambiumring im Sapindaceenstengel durch eine Gruppe von zwei oder mehreren von Gefässsträngen gebildet. Von denselben sind immer die äussern die stärkern und zuerst auftretenden (in X, 6 u. 7 ist erst der äussere Strang f in seinen Anfängen sichtbar; in 8 hat sich auch der innere g zu bilden begonnen). In den äussern Strängen wird zuerst die räumliche Lage der verschiedenen Theile in der gewöhnlichen Art bestimmt, indem das Xylem dem Centrum, das Phloëm der Peripherie des Stengels zugekehrt ist. Die Differenzirung der Gewebe schreitet von den äussern zu den innern Strängen fort, und bewirkt in den letztern eine dem besondern Cambiumring entsprechende Lage der Theile, wie ich diess schon früher erörtert habe. Hier handelt es sich also nicht bloss, wie in den beiden vorhin erwähnten Beispielen, um eine Cambiumlamelle, die später an den Seiten von dem concentrischen Verlaufe ab-

weicht und poröse Gefässe bildet, sondern um vorher schon vorhandene Cambiumstränge, welche von der Cambiumlamelle erreicht werden, von ihr die abnormale Wachsthumsrichtung erhalten, und gemäss derselben ihre Elementartheile, darunter auch abrollbare Gefässe anordnen. Es ist also der erste Gefässstrang eines besondern Ringes, welcher den Charakter der ganzen Bildung bestimmt. Würde die Entwicklungsgeschichte der besondern Ringe bei den Sapindaceen mit einem innern Strang beginnen, so hätten sie ohne Zweifel das Phloëm im Centrum und das Xylem an der Peripherie, wie die kleinen Holzringe im Mark von Phytolacca.

Ich fasse noch die Resultate, welche sich aus den Untersuchungen über die Entstehungsweise der Structur des Sapindaceenstengels ergeben, kurz zusammen.

1. In dem Urmeristem der Stengelspitze treten Cambiumstränge auf, welche sehr bald sich zu einem stellenweise verdickten Ring vereinigen und etwas später wieder als Gefässstränge sichtbar werden. Diese Gefässstränge bleiben nachher durch schmale Cambiumlamellen verbunden.

2. Die Gefässstränge weichen auf dem Querschnitt des Stengels von der gewöhnlichen Kreisstellung der meisten Dicotyledonen mehr oder weniger ab. Wenn es ihre Anordnung gestattet, so werden sie alle durch eine einzige, wenn auch stellenweise gebogene und gefaltete Cambiumlamelle verbunden. Wo aber die Stränge derart hinter einander gestellt sind, dass ihre Vereinigung in dem nämlichen Ring unmöglich wird, entsteht ausserhalb des allgemeinen ein besonderer Ring.

3. Von zwei hinter einander stehenden Strängen tritt immer zuerst der äussere, nachher der innere auf. Der erste Strang richtet seine Verdickung nach dem Stengelradius, indem er auf der innern Seite Xylem, auf der äussern Phloëm bildet, und bestimmt eine entsprechende Lage der Xylem- und Phloëmseite in dem besondern Cambiumring. Dieser hinwieder bestimmt die Wachsthumsrichtung der spätern Stränge. Daher haben die Gefässstränge, welche die äussere Seite eines besondern Holzringes einnehmen, die gewöhnliche, diejenigen, welche an der innern Seite sich befinden, die umgekehrte Lage ihrer Theile.

4. Die besondern Cambiumringe verhalten sich übrigens wie der allgemeine, insofern als sie auf der ihrem eigenen Centrum zugekehrten Seite zuerst Markscheide (Epenmark) und nachher Holz, am äussern Umfange secundäre Rinde bilden. Von dem allgemeinen unterscheiden sich die besondern Ringe nur dadurch, dass sie bloss Epenmark umschliessen, da ihre ganze Masse aus Cambium hervorgegangen ist. — Der Bastring wird zu einer Zeit angelegt, wo der allgemeine und die besondern Cambiumringe noch vereinigt sind. Nimmt man aber auf die Lage Rücksicht, welche die bastbildenden Cambiumpartieen später einnehmen; so kann man sagen, dass derselbe stellenweise von dem allgemeinen und stellenweise von den besondern Ringen erzeugt werde.

---

2. Markscheide und Rindenscheide im Allgemeinen, vorzüglich mit Rücksicht auf die Anordnung der Zellen im Querschnitt des Stengels.

Der Querschnitt des Dicotyledonenstammes besteht aus dem Protenmark im Centrum, aus der Protenrinde am Umfange und zwischen beiden aus dem Epenring, welcher durch den Cambiumring in eine äussere und eine innere (Xylem- und Phloëm-) Hälfte geschieden wird. Das Xylem sondert sich gewöhnlich in zwei deutlich verschiedene Partieen, von denen die innere, an das Mark grenzende und dasselbe einschliessende die Markscheide heisst. Meistens zeigt auch das Phloëm eine äusserste differente Partie, die man in analoger Weise als Rindenscheide bezeichnen kann.

Die Markscheide, der innerste und zuerst gebildete Theil des Xylems, tritt bald als ein Kreis von getrennten Strängen, bald als ein ununterbrochener Ring auf, und unterscheidet sich von dem übrigen Xylem (Holzring des gewöhnlichen Stengels) durch verschiedene Merkmale. Wir können 4 Kategorien derselben festhalten: 1) die Beschaffenheit der Zellen rücksichtlich des Inhaltes und der Membran, 2) die Form und Grösse der Zellen, 3) die Gefässe, 4) die Anordnung der Zellen, — wenn wir von denjenigen Fällen absehen, wo sich Phloëm (mit Siebröhren) in der Markscheide bildet.

Mit Rücksicht auf die Beschaffenheit der Zellen ist die Markscheide oft grün, indess das übrige Xylem farblos ist. Oft sind ihre Zellen dünnwandig, indess die des Holzringes verdickte Wandungen haben. In andern Fällen jedoch mangelt der Markscheide die grüne Farbe, und zuweilen sind ihre Zellen auch dickwandig.

Mit Rücksicht auf die Grösse und Form der Zellen finden wir das Gewebe der Markscheide im Querschnitt gewöhnlich grossmaschiger als dasjenige des übrigen Xylems. Auf dem Längsschnitt sind ihre Zellen in der Regel kürzer als die Prosenchymzellen des Holzringes und unterscheiden sich von den letztern überdem durch ihre parenchymatose Natur. Es giebt indess auch Stengel, wo die Markscheide weder durch die Grösse, noch durch die Form der Zellen sich auszeichnet.

Mit Rücksicht auf die Gefässe hat bekanntlich die Markscheide solche mit abrollbaren Fasern (Ring- und Spiralgefässe), indess sich in allen folgenden Xylemlagen entweder keine oder bloss poröse Gefässe bilden. Am ganzen Stammgerüste der Dicotyledonen und Gymnospermen sind es nur die unterirdischen Theile, wo zuweilen die abrollbaren Gefässe ganz mangeln können.

Endlich mit Rücksicht auf die Anordnung der Zellen im Querschnitt des Stengels finden wir in der Markscheide gewöhnlich keine bestimmte Ordnung und nicht die geringste Andeutung von Reihen, während in dem übrigen Xylem die Zellen radiale Reihen bilden. Indessen giebt es auch Pflanzen, wo die reihenförmige Anordnung schon in der Markscheide mehr oder weniger deutlich ist, andere wo sie auch ausserhalb der Markscheide noch eine Strecke weit undeutlich bleibt.

Jedes einzelne der Merkmale, welche wir an der Markscheide wahrnehmen, kann mangeln. Sie lässt sich daher kaum anders definiren, als dass es die in-

nerste Schicht des Epens ist, welche sich von dem nach aussen folgenden Gewebe mehr oder weniger unterscheidet. Was ihre räumliche Ausdehnung betrifft, so ist dieselbe oft verschieden, je nachdem wir uns an das eine oder andere Merkmal halten, weil die verschiedenen Merkmale nicht gleichzeitig aufhören. Die Markscheide hat in manchen Fällen eine andere Dicke, wenn wir sie nach dem Zelleninhalt und der Verdickung der Membran, oder wenn wir sie nach der Grösse und Gestalt der Zellen, oder nach der Anwesenheit der abrollbaren Gefässe, oder nach der reihenförmigen Anordnung der Zellen beurtheilen.

Was die Grenze zwischen der Markscheide und dem übrigen Xylem betrifft, so kann dieselbe für jedes einzelne Merkmal ganz scharf sein. Wir sehen z. B. dass auf dünnwandige plötzlich dickwandige, auf kurze parenchymatische plötzlich lange prosenchymatische Zellen, auf Ring- und Spiralgefässe plötzlich poröse Gefässe, auf ungeordnete plötzlich gereihte Elemente folgen. Es kann aber auch jedes einzelne Merkmal allmählich in sein Gegentheil übergehen, so dass dann die Grenze auf der breiten Strecke des Uebergangs willkürlich sich ziehen lässt.

Die Beschaffenheit der Markscheidenzellen rücksichtlich des Inhaltes und der Membran, sowie ihrer Form und Grösse hängen von physiologischen Eigenthümlichkeiten ab, deren Zusammenhang mit andern Erscheinungen uns noch verborgen ist. Die beiden übrigen Merkmale dagegen, nämlich die eigenthümliche Ausbildung der Gefässe und der Mangel einer reihenförmigen Anordnung, treffen mit bestimmten Wachsthumsverhältnissen zusammen und können als deren Folge betrachtet werden. Der Uebergang von Gefässen mit abrollbaren Fasern in poröse Gefässe bezeichnet, wie bekannt, zugleich das Aufhören des Längenwachsthums in dem Stengelinternodium, indem die jungen Gefässe, so lange das letztere sich streckt, zu Spiralgefässen, wenn die Streckung aufgehört hat, zu porösen Gefässen sich ausbilden.

Die ungeordnete Anlagerung der Markscheidenzellen im Gegensatz zu den reihenförmigen Holzzellen wird durch ein verschiedenes Verhalten des Dickenwachsthums bedingt. Ich will auf dasselbe etwas näher eintreten, da es gerade die Sapindaceen waren, welche mich darauf aufmerksam machten und zugleich auch deutliche und sichere Beweise dafür lieferten.

Das Gesetz heisst einfach, dass auf der innern Seite des Cambiumringes so lange ungeordnetes Dauergewebe gebildet wird, als die eingeschlossene Masse (das Mark) ihren Querschnitt noch beträchtlich vergrössert, und dass die reihenförmige Anordnung beginnt, sobald die Ausdehnung der eingeschlossenen Masse gering geworden ist, oder aufgehört hat. Denn davon hängt das Verhältniss ab zwischen der Menge der Zellentheilungen in tangentialer und in radialer Richtung. Dieses Verhältniss aber bedingt die Anordnung der Zellen. Wenn in einem Gewebe das Wachsthum in zwei zu einander rechtwinkligen Richtungen gleichgross ist, so mangelt jede Andeutung von Reihen, wie z. B. auf dem Querschnitte des Markes. Umgekehrt ergibt sich die vollständigste reihenförmige Anordnung, wenn nur in Einer Richtung Wachsthum und Wandbildung erfolgt. Beispiele hiefür geben uns der Holzring, wo die Zellen in radialen, und die ältere Rinde, wo dieselben in tangentialen Reihen liegen.

Dass die Holzzellen in radiale Reihen gestellt sind, ist die nothwendige Folge der vorhandenen Bedingungen. An der Oberfläche eines Cylinders, der sich nicht ausdehnt (nämlich des Holzringes) liegt ein bildungsfähiges Gewebe (Cambium), dessen innere Zellen fortwährend in Dauergewebe (Splint und Holz) übergehen. Die Cambiumzellen behalten während des ganzen Wachsthums annähernd die gleiche Breite (in tangentialer Richtung), und ebenso sind die aus ihnen hervorgehenden Holzzellen ziemlich gleich breit. Es müssen daher, abwechselnd mit den tangentialen Wänden, nur in dem Maasse radialsenkrechte Wände auftreten, als durch das nach aussen fortschreitende Wachsthum die Peripherie grösser wird. Die Holzzellen kommen somit in radiale Reihen zu liegen, welche nach aussen sich hin und wieder dichotomisch theilen. Es ist zum Voraus klar (und die Untersuchung von cylindrischen Organen bestätigt es), dass die Reihen um so augenfälliger sind, je weniger solche dichotomische Spaltungen statthaben, je mehr also die Cambiumzellen sich ausschliesslich durch tangentiale Wände theilten.

Durch Berechnung kann genau bestimmt werden, wie die Zahl der radialsenkrechten und die der tangentialen Theilungen bei einem bestimmten Durchmesser des cylindrischen Cambiummantels und bei einer bestimmten Grösse der Zellen sich zu einander verhalten. Es vermehre sich während einer bestimmten Zeit die Zahl der Holzzellen in radialer Richtung um n. Die neuen Zellen nehmen, wenn die Dicke jeder Zelle (in radialer Richtung) $= d$ gesetzt wird, auf dem Radius eine Länge $= n.d$ ein. Der Radius des Cambiumrings vor dieser Zellenbildung war R, sein Umfang $2R\pi$; nach derselben beträgt der Radius des Cambiumringes $R + n.d$, der Umfang $2(R + n.d)\pi$. Ist die Breite einer Zelle (in tangentialer Richtung) b, so befanden sich auf dem Umfange des Cambiumringes vor der Zellenbildung $\frac{2R\pi}{b}$ Zellenreihen, nach derselben $\frac{2(R + n.d)\pi}{b}$.

Ihre Zahl vermehrt sich von R auf $R + n.d$ oder von 1 auf $1 + \frac{n.d}{R}$. Wenn demnach die absolute Zunahme der Zellenzahl in radialer Richtung n beträgt, so ist die gesuchte relative Zunahme in tangentialer Richtung

$$x = \frac{n.d}{R}.$$

Ist z. B. $R = 1000d$, so is $x = \frac{n}{1000}$; mit Worten, wenn der Radius des Cambiumringes gleich kommt der Dicke von 1000 Holzzellen, so ist die relative Zunahme der Zellen in tangentialer Richtung 1000 mal geringer als die absolute in radialer.

Setzen wir die tangentiale Zunahme gleich der Einheit, und bestimmen wir darnach die radiale Zunahme, so ist $1 = \frac{n.d}{R}$ und

$$n = \frac{R}{d}$$

d. h. damit sich jede radiale Reihe einmal spalte und in zwei Reihen übergehe, müssen in radialer Richtung so viele neue Holzzellen sich bilden, als be-

reits auf dem Radius des Cambiumringes Platz haben. Eine gleichgrosse Zunahme in radialer und tangentialer Richtung, so dass auf jede innere Zelle zwei äussere kämen, fände nur dann statt, wenn der Zellendurchmesser gleich dem Radius wäre, also nur in der innersten Zellschicht. Wenn der Radius des Cambiumringes die Länge von 50 oder 100 oder 1000 Holzzellen hat, so müssen die radialen Reihen sich um 50 oder 100 oder 1000 Zellen verlängern, damit sie sich einmal verdoppeln.

In einem Stamme mit 2 Meter dickem Holzcylinder, dessen Mark durch gereihte Holzzellen ersetzt wäre, und dessen Holzzellen eine durchschnittliche Dicke von 30 Mik. haben, findet man von innen nach aussen folgende Verhältnisse:

Radius in Mik.	30	60	90	150	300	600	1000
Tangent. Zunahme	1	1	1	1	1	1	1
Rad. Zunahme	1	2	3	5	10	20	33
Radius in M.M.	1	5	10	50	100	500	1000
Tangent. Zunahme	1	1	1	1	1	1	1
Rad. Zunahme	33	166	333	1666	3333	16666	33333

Die erste Horizontalzeile enthält die willkürlich angenommenen Entfernungen vom Centrum des Stengels. Damit nun die relative tangentiale Zunahme 1 sei, damit sich die radialen Zellenreihen durchschnittlich einmal dichotomisch theilen, muss man, wenn die Zellen eine Dicke von 30 Mik. haben, an jedem Punkte um die in der dritten Horizontalzeile enthaltene Zellenzahl nach aussen fortschreiten. Von einer dichotomischen Theilung bis zur nächstfolgenden zählt man in einer Entfernung von 1 Meter vom Centrum durchschnittlich 33333 Zellen, in einer Entfernung von 10 MM. dagegen 333 Zellen etc. Da das Holz des jüngern Stammes nichts anderes ist, als die innere Partie des ältern Stammes, so gelten die obigen Zahlen für Stämme jeden Alters und jeder Dicke in der ganzen Ausdehnung ihres Holzcylinders, insofern dessen Zellen eine Dicke von 30 Mik. haben.

Ich habe jetzt den Fall betrachtet, in welchem das von dem Cambiumring eingeschlossene Gewebe sich nicht ausdehnt. Untersuchen wir nun denjenigen, wo der Cambiumring durch nachwachsendes Gewebe nach aussen geschoben wird. In Folge davon verlängere sich sein Radius während einer bestimmten Zeit von R auf R + a. Gleichzeitig vermehre sich die Zahl der Holzzellen in radialer Richtung um n. Dieselben nehmen, wenn die Dicke der einzelnen Zelle = d, eine Länge von n.d ein, und der Radius des Cambiumringes vergrössert sich daher während dieser Zellenbildung von R auf R + a + n.d, der Umfang desselben von $2R\pi$ auf 2π (R + a + n.d), und die Zellenzahl auf dem Umfange von $\frac{2R\pi}{b}$ auf $\frac{2\pi\,(R + a + n.d)}{b}$, wenn b die Breite einer Zelle oder Zellenreihe bedeutet, oder was das Nämliche ist, von 1 auf $1 + \frac{a + n.d}{R}$. Wenn somit die Zellenzahl in radialer Richtung durch die Zellenbildung im Cambiumring eine absolute Zunahme = n erfährt, so ist die gesuchte relative Zunahme in tangentialer Richtung

$$x = \frac{a + n.d}{R}.$$

Wenn die tangentiale Zunahme $= 1$ gesetzt wird, so haben wir $1 = \frac{a + n.d}{R}$ und für die radiale Zunahme

$$n = \frac{R - a}{d}$$

d. h. damit die radialen Reihen sich einmal verdoppeln, müssen sie um so viele Holzzellen sich verlängern, als auf dem Raume $R - a$ Platz finden; $R - a$ ist aber die Differenz zwischen dem frühern Radius des Cambiumrings und der Grösse, um welche letzterer während der radialen Zellenbildung und unabhängig von derselben durch die Ausdehnung der eingeschlossenen Gewebe nach aussen gedrängt wurde. — Wenn z. B. der Cambiumring in gleichem Maasse durch die Zunahme der eingeschlossenen Gewebe und durch seine eigene Zellenbildung sich ausdehnt, wenn also $a = n.d$, so wird $n = \frac{R}{2d}$; d. h. in der Zeit, während welcher die Zahl der radialen Reihen sich verdoppelt, werden von dem Cambiumring so viel Dauerzellen auf seiner innern Seite gebildet, als auf dem halben Radius derselben vor dieser Zellenbildung Platz hatten.

Es treten also im Cambiumring verhältnissmässig um so mehr radiale und um so weniger tangentiale Wände auf, je mehr derselbe durch das Wachsthum der eingeschlossenen Masse ausgedehnt wird. Dieser Umstand hat nun zwar keinen Einfluss auf die Zellenzahl, welche man auf den successiven concentrischen Kreisen findet, denn bei der vorausgesetzten gleichen Grösse der Zellen ist dieselbe proportional den Radien. Aber er bedingt sehr wesentlich die grössere oder geringere Deutlichkeit der radialen Reihen. Diese werden um so mehr verwischt, je zahlreicher die radialen Theilungen sind, wozu noch kommt, dass die passive Ausdehnung des Cambiumringes durch die zunehmende eingeschlossene Masse immer auch Verschiebung der einzelnen Zellen und somit die Störung einer regelmässigen Anordnung verursacht.

Mit dieser theoretischen Betrachtung stimmen die thatsächlichen Verhältnisse genau überein. Die Stammspitze besteht aus Urmeristem, dessen Zellen von ungefähr gleicher Grösse und ohne bestimmte Ordnung neben einander liegen. Die Längswände, die in demselben sich bilden, stellen sich auf dem Querschnitt als Linien dar, die nach allen Richtungen verlaufen. In diesem Urmeristem werden zuerst isolirte Cambiumstränge und bald nachher ein sie verbindender Cambiumring sichtbar. Derselbe hat bei seinem ersten Sichtbarwerden einen für die verschiedenen Species sehr ungleichen Durchmesser. Aber in allen Fällen ist sein Durchmesser so gross, dass, wenn das eingeschlossene Mark nicht mehr sich ausdehnte, das aus ihm hervorgehende Gewebe (Xylem) die schönste und deutlichste reihenförmige Anordnung zeigen müsste. Nun nimmt aber das Mark von dem Augenblicke an, wo der Cambiumring sichtbar wird, immer noch während längerer oder kürzerer Zeit zu, indem seine Zellen sich theilen und vergrössern. Dadurch wird der Cambiumring nach aussen gedrängt und bedeutend erweitert. Seine Zellen nehmen nun zwar im Allgemeinen eine etwas beträchtlichere Breite an; allein diess genügt der tangentialen Ausdehnung nur kurze Zeit und in geringem Maasse.

Bald werden sie durch die Erweiterung des Cambiumringes veranlasst, sich durch zahlreiche radialsenkrechte Wände zu theilen. Sie zeigen zugleich auch ein mehr oder weniger beträchtliches Wachsthum in radialer Richtung. Es wechseln demnach während dieser Entwickelungsperiode Wände, die auf dem Querschnitt radial und tangential gestellt sind, mit einander ab; und je nach der Form der sich nach allen Seiten ausdehnenden Zellen kommen daneben auch mehr oder weniger schiefe Wände vor. Eine reihenförmige Anordnung in irgend einer Richtung ist um so weniger das Resultat dieses Zellenbildungsprocesses, je mehr die Zellen in tangentialer und radialer Richtung gleich sehr wachsen und je mehr desswegen die Wände in diesen beiden Hauptrichtungen unter einander gleichmässig alterniren (ξ in IV, 1 und 2). Sowie aber die Ausdehnung des Markcylinders geringer wird, und desswegen in dem Cambiumring das radiale Wachsthum über das tangentiale entschieden die Oberhand gewinnt, so macht sich sogleich eine Andeutung zu radialen Reihen bemerkbar (ξ in IV, 3), und diese bilden sich vollkommen aus, sobald das eingeschlossene Gewebe sich nicht mehr oder nur sehr unbedeutend vergrössert (ξ in IV, 12). Die Markscheide, insofern sie durch das ungeordnete Gewebe des Xylems bezeichnet wird, ist von sehr ungleicher Mächtigkeit. Am dicksten fand ich sie in der Kartoffel, wo nicht nur das primäre Mark, sondern namentlich auch die Produkte des Cambiumringes sehr stark anwachsen, und dadurch den Cambiumring so sehr nach aussen drängen, dass es zu einer wirklichen reihenförmigen Anordnung fast gar nicht kommt. Ich verweise über das Nähere auf spätere Mittheilungen.

Der Cambiumring besteht also im ersten Stadium, welches längere oder kürzere Zeit andauern kann, aus ungeordneten Zellen. Nachher beginnt in demselben allmählich die radiale Anordnung und wird immer deutlicher. Das Gewebe, welches innerhalb des Cambiumringes liegt und aus demselben entsteht, verhält sich genau wie er selber. Aus dem ungeordneten Cambium bildet sich die ungeordnete Markscheide (ψ in IV, 2, 3 und VI, 12); aus dem reihenförmigen Cambium dagegen wird immer auch reihenförmiges Xylem.

Das Phloëm oder die Epenrinde (d. h. das von dem Cambiumring auf der äussern Seite gebildete Gewebe) zerfällt, wie das Xylem, in zwei oft sehr deutlich verschiedene Partieen. Den äussern, zuerst entstandenen Theil kann man, wie ich schon bemerkt habe, nach Analogie als R i n d e n s c h e i d e bezeichnen. Man beobachtet an derselben ähnliche Verhältnisse wie an der Markscheide. Die Beschaffenheit und Grösse der Parenchymzellen, die Anwesenheit von Bastfasern überhaupt oder von bestimmten Bastfasern, die Abwesenheit oder eigenthümliche Ausbildung der Siebröhren, endlich der Mangel einer reihenförmigen Anordnung zeichnet die äussere Epenrinde oder die Rindenscheide aus. Aber wenn schon die Markscheide nicht durch allgemein gültige Erscheinungen unterschieden werden kann, so ist dies noch in höherem Maasse von der Rindenscheide der Fall. Auch geben ihre verschiedenen Merkmale meist ungleiche Grenzen, indem sie verschieden weit nach innen reichen, und oft undeutliche Grenzen, indem sie allmählich übergehen.

Wie die Eigenthümlichkeiten der Markscheide, so hängen auch diejenigen der

Rindenscheide theils mit andern physiologischen Processen, theils mit allgemeinen Wachsthumverhältnissen zusammen.

Bei manchen Pflanzen entstehen blos in der Periode, in welcher ein Stengelinternodium noch in die Länge wächst, Bastfasern; bei andern zeichnet sich der Bast jener Periode vor dem später gebildeten durch die Länge der Fasern aus. Dasselbe ist mit den Siebröhren der Fall. Ebenso erzeugt das ungleiche Dickenwachsthum Verschiedenheiten des Gewebes auf dem Querschnitt, nämlich ein inneres Gewebe, dessen Zellen wenigstens zu einer bestimmten Zeit mehr oder weniger deutliche radiale Reihen bilden, und ein äusseres, dessen Zellen nie eine Spur davon zeigen. Der Gegensatz der beiden Gewebe in letzterer Beziehung muss aber in der Regel geringer sein als derjenige zwischen Markscheide und Holz, wie aus der theoretischen Betrachtung und der thatsächlichen Beobachtung sich ergiebt.

In der Markscheide ist die radiale Zunahme, wenn die tangentiale die Einheit beträgt, und die radiale Zunahme des Protenmarkes mit m bezeichnet wird, $n = \frac{R - m}{d}$; im Holze dagegen, bei dessen Bildung eine innere, ausdehnende Ursache mangelt, $n = \frac{R}{d}$. Die Rindenscheide wird zu gleicher Zeit mit der Markscheide angelegt; sie erfährt also nicht nur die nämliche Ausdehnung wie diese durch das Wachsthum des Markes, sondern auch noch eine Mehrausdehnung durch die Interposition der Markscheide selbst; später wird sie aber immer noch erweitert durch die Bildung des Holzes und der innern Epenrinde. Bezeichnen wir die Zunahme, welche der Radius der Rindenscheide durch das Mark und die Markscheide erfährt, mit $m + s$, diejenige durch das Holz mit h, und durch die innere Epenrinde mit r, so ist $n = \frac{R - m - s - h - r}{d}$. Für die Epenrinde innerhalb der Markscheide dagegen haben wir $n = \frac{R - h}{d}$, weil dieselbe, abgesehen von ihrer eigenen Zellenbildung, nur durch die Einlagerung des Holzes nach aussen geschoben wird.

Der Gegensatz in der Zellentheilung zwischen Markscheide und Holz wird durch das Verhältniss $R - m : R$, derjenige zwischen Rindenscheide und innerer Epenrinde durch das Verhältniss $R - m \quad s - h - r : R - h$ ausgedrückt. Das letztere ist um so grösser, je grösser $m + s$ und r und je kleiner h wird; es ist also bedeutend bei starkem Wachsthum des Markes und der Markscheide, bei geringer Holzbildung und beträchtlicher Bildung von innerer Epenrinde.

Zuerst ergiebt sich nun darin eine Analogie für Rindenscheide und Markscheide, dass beide gleichzeitig angelegt werden, zu der Zeit nämlich, wo der sich bildende Cambiumring durch die eingeschlossenen Gewebe die grösste Ausdehnung erfährt. Da die Zellen der Markscheide ungeordnet sind, so muss um so mehr jede Andeutung von radialen Reihen in der Rindenscheide mangeln, weil diese viel beträchtlicher ausgedehnt wird. Sie kann sogar in Folge dieses

überwiegenden tangentialen Wachsthums mehr oder weniger den Anschein einer tangential-gereihten Anordnung annehmen.

Mit dem Moment, wo das Mark zu wachsen aufhört, fängt die Bildung des radial-gereihten Holzes und der radial-gereihten Epenrinde an. Die Bedingungen für beide Bildungen sind zuerst analog, aber doch nicht gleich. Im Holze, das keine Ausdehnung durch die eingeschlossenen Gewebe erfährt, ist die radiale Anordnung vollkommen und der Gegensatz im Vergleich mit der Markscheide in die Augen fallend. Zwischen innerer Epenrinde und Rindenscheide besteht ebenfalls eine bedeutende Differenz von Anfang an, weil die letztere durch die zunehmende Masse in ihrem Innern (Mark, Markscheide, Holz und innere Epenrinde) sehr stark, die erstere durch die Holzbildung viel weniger ausgedehnt wird. Aber die innere Epenrinde erleidet schon beim Entstehen eine Ausdehnung durch den sich vergrössernden Cambiumring, und daher treten je nach dem Einflusse dieser störenden Ursache die radialen Reihen nicht so augenfällig hervor.

Ein anderer Unterschied besteht darin, dass der Contrast zwischen Markscheide und Holz, der sich einmal ausgebildet hat, unverändert bleibt, während derjenige zwischen Rindenscheide und innerer Epenrinde sich mit der Zeit fortwährend vermindert. Wenn die Markscheide und das Holz gebildet sind, so verharren sie zeitlebens in dem nämlichen Zustande, indem ihre Zellen weder wachsen noch sich theilen. Die Rinde wird dagegen durch den sich erweiternden Cambiumring unaufhörlich ausgedehnt. Dem entsprechend wachsen ihre Zellen in tangentialer Richtung und theilen sich durch radiale Wände. Es ist einleuchtend, dass ihre Anordnung ebenfalls modificirt und das Verhältniss zwischen den einzelnen Particen der Rinde geändert wird.

In der Protenrinde und der Rindenscheide, welche letztere aus dem ungeordneten Cambium entsteht, sind die Zellen von Anfang an ohne Ordnung. Durch das nachwachsende innere Gewebe fortwährend auf grössere Radien ausgespannt, theilen sie sich wiederholt und bilden zuletzt, wenn sie lange genug von der Peridermbildung verschont blieben, kürzere oder längere tangentiale Reihen. Die innere Epenrinde, welche aus dem reihenförmigen Cambium hervorgeht, zeigt wenigstens im Anfang eine Andeutung von radialen Reihen (vgl. z. B. V, 9, τ, während der Bast ϱ, die Rindenscheide σ und die Protenrinde μ völlig ungeordnet sind). Oft aber verschwindet diese Anordnung wieder in den ältern Partieen, so dass die Epenrinde unmittelbar innerhalb der Rindenscheide ohne Andeutung von Reihen oder selbst mit tangentialen Reihen erscheint, während sie unmittelbar ausserhalb des Cambiumrings radial-gereiht ist. Es kann auch in der nämlichen Rindenschicht die tangentiale Ausdehnung und die Zellenbildung sich ungleich vertheilen; es können die einen Stellen des Umfanges unverändert bleiben, die andern dafür um so mehr sich strecken. In jenen erhalten sich dann fortwährend die radialen Reihen, während in diesen eine tangentiale Anordnung an die Stelle der radialen tritt.

Die radialen Reihen der Epenrinde sind also dicht ausserhalb des Cambiumringes zu suchen. Ob sie hier und in welchem Grade sichtbar werden, hängt von der Stärke der Holz- und Rindenproduction ab. Sie müssen um so deutli-

licher hervortreten, je weniger Holz und je mehr Epenrinde aus dem Cambiumring angelegt wird.

Die Resultate dieses Kapitels lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

1. Die Anordnung der Zellen auf dem Querschnitte des Stengels wird nicht blos dadurch bestimmt, dass die einen Zellen sich theilen, die andern nicht, und dass die Zelltheilungen in bestimmten Richtungen erfolgen, sondern namentlich auch dadurch, dass die zellenbildenden Gewebe bald durch andere Partieen ausgedehnt werden, bald nicht. Diese Ausdehnung, wenn sie nicht bloss in Einer Richtung thätig ist und überdem in der Richtung mit der Zellenbildung zusammentrifft, hat immer das Bestreben, eine bestimmte durch die Theilung gegebene Regelmässigkeit in der Anordnung zu verwischen

2. Der Querschnitt eines cylindrischen Organs, der während und nach der Zellentheilung noch überall sich vergrössert, zeigt ein ungeordnetes Gewebe; diess gilt für das Mark und für die Protenrinde des Stengels. Das Gewebe, welches aus einem zellenbildenden Cylindermantel (Cambiumring) durch radiale und tangentiale Theilungen hervorgeht, ist ungeordnet, wenn es durch die Vergrösserung der eingeschlossenen Masse eine bemerkbare Ausdehnung erfährt, so die Markscheide und Rindenscheide. Wenn die Vergrösserung der eingeschlossenen Masse null ist, so stehen die Zellen genau in radialen Reihen, so im Holze. Ist sie gering, so macht sich die radial-gereihte Anordnung mehr oder weniger bemerkbar, so in der innern Epenrinde nach der Anlegung; durch die fortdauernde Ausdehnung wird aber früher oder später ein ungeordneter Zustand herbeigeführt. Da die Protenrinde, die Rindenscheide und die innere Epenrinde späterhin blos in tangentialer Richtung sich ausdehnen und durch radiale Wände ihre Zellen vermehren, so können nach und nach tangentiale Reihen auftreten.

3. Das von dem Cambiumring auf dessen äusseren Seite gebildete Gewebe scheidet sich, wie das auf der innern Seite, in zwei Hauptheile. Die Rindenscheide (analog der Markscheide) ist der äussere, zuerst entstehende Theil der Epenrinde. Sie wird zu einer Zeit angelegt, in welcher das Längenwachsthum noch nicht beendigt ist und in welcher der Cambiumring durch das anwachsende Mark und die sich bildende Markscheide beträchtlich ausgedehnt wird. Daher sind ihre Elementarorgane auf dem Längsschnitt länger und anders ausgebildet als diejenigen der innern Epenrinde. Daher sind ferner auf dem Querschnitt ihre Zellen von Anfang an ungeordnet, während diejenigen der innern Epenrinde in den ersten Stadien radialgereiht sind.

3. Entwickelungsgeschichte der Gewebe auf dem Querschnitt des Stengels der Sapindaceen.

Ehe ich in das Detail eintrete, schicke ich eine allgemeine Bemerkung voraus. Bei der Entwickelungsgeschichte von Geweben handelt es sich um die Anlegung derselben durch Zellentheilung und um die Ausbildung durch das Wachs-

thum der Zellen sowie durch die Veränderungen in ihrem Inhalte und ihrer Membran. Es kommt also darauf an zu bestimmen, wann ein Gewebe fertig angelegt und wann es ausgewachsen ist; und im Allgemeinen gilt rücksichtlich des Erstern die Antwort, dass die Anlegung vollzogen ist, wenn die Theilung der Zellen aufgehört hat. Dabei können sich die verschiedenen Richtungen ungleich verhalten; das Mark z. B. kann auf dem Querschnitt schon lange angelegt sein und auf dem Längsschnitt immer noch seine Zellen vermehren. *)

Berücksichtigen wir bloss den Querschnitt, so bieten uns die innerhalb und ausserhalb des Cambiumrings sich bildenden Gewebe eine bemerkenswerthe Verschiedenheit dar. Für die innerhalb liegenden gilt der Satz, dass sie mit dem Aufhören der Zellentheilung angelegt sind, ohne Beschränkung. Beim Mark lassen sich drei Perioden scharf trennen: 1) die der Anlegung, in welcher sich die Zellen noch theilen, 2) die des Wachsthums, in welcher die Zellen nicht an Zahl, wohl aber an Grösse zunehmen, 3) die des ausgewachsenen Zustandes, in welcher die Zellen ihre Grösse, Gestalt und Anordnung behalten, aber Membran und Inhalt verändern. Die Markscheide hat die gleichen drei Stadien, das zweite tritt aber schon mehr zurück. Beim Holz verschwindet das zweite Stadium beinahe gänzlich, weil die Zellen, in denen die Längstheilung aufgehört hat, in der Regel sich kaum bemerkbar ausdehnen.

Bei den ausserhalb des Cambiumringes liegenden Geweben wird der Moment, wo sie angelegt sind, nicht durch das Aufhören der Zellentheilung überhaupt (denn dieselbe dauert ja, so lange sie existiren), sondern durch das Aufhören einer bestimmten Zellentheilung bezeichnet. Während der Periode der Anlegung theilen sich die Zellen durch tangentiale und radiale Längswände, vorzüglich aber durch erstere. Späterhin treten bloss noch radiale Wände auf, und diese nur in dem Maasse, als die Cylindermäntel durch das Wachsthum der eingeschlossenen Gewebe ausgedehnt und ihre Zellen in tangentialer Richtung in die Breite gezogen werden. Wir können daher eine a k t i v e und eine p a s s i v e Zellentheilung unterscheiden, die erstere während der Periode der Anlegung, die zweite nach dieser Periode.

Wie mit der Zellenbildung verhält es sich auch mit dem Wachsthum dieser Gewebe. Dasselbe hört nie auf, ändert aber seinen Charakter. Wenn ein Gewebe angelegt ist, so dehnt es sich eine Zeit lang in allen Richtungen aus. Nachher aber findet die Ausdehnung nur noch in tangentialer Richtung statt und zwar nur so weit, als es die Zunahme der von dem Cylindermantel eingeschlossenen Masse verlangt. Wir können ersteres das a k t i v e, und letzteres das p a s s i v e Wachsthum nennen.

An den ausserhalb des Cambiumringes liegenden Geweben sind demnach drei Perioden zu unterscheiden: 1) die der Anlegung oder aktiven Zellentheilung, 2) die des aktiven Wachsthums und 3) die des passiven Wachsthums. Sie treten bei allen Schichten des Rindenparenchyms ziemlich charakteristisch auf, nament-

*) Ich spreche hier nur von der fertigen Anlage; ein Gewebe kann in seiner ersten Anlage oder ersten Andeutung schon lange vorher erkennbar sein.

lich bei der Protenrinde. Der Bast aber verhält sich wie das Holz. Nach der Anlegung findet keine Zellenbildung und nur ein geringes Wachsthum statt.

Ich will als Beispiel für die Entwickelungsgeschichte des Stengelquerschnittes zunächst eine Paullinia näher betrachten, welche durch den Mangel der besondern Holzringe sich an den gewöhnlichen Dicotyledonentypus anschliesst. Ein älterer, 4½ M.M. dicker Zweig zeigt uns das längst ausgewachsene Mark mit einem Durchmesser von 1,1 bis 1,2 M.M. und von 16—18 porösen, ziemlich dickwandigen Zellen (V, 11, ν). Die äusserste Schicht, die stellenweise auch doppelt ist, zeichnet sich durch grössere Helligkeit, durch weniger verdickte Wandungen und meist durch gelbe Färbung aus. Die innern Markzellen sind 100—120, die äussern 30—50 Mik. gross. Auf das Mark folgt die Markscheide (V, 11, ψ), bestehend aus dickwandigen, 20—30 Mik. grossen, ungeordneten Zellen, welche an den Kanten 11—12, an den Seiten 8—9 Schichten bilden. — Der Holzring (V, 11, ω), aus strahlig gereihten Holzzellen, porösen Gefässen und Markstrahlen zusammengesetzt, schliesst sich an den Seiten unmittelbar an die Markscheide an; stellenweise aber, vorzüglich innerhalb der Kanten, ist er von derselben durch die primitiven Gefässstränge getrennt, welche aus abrollbaren Gefässen und engen dünnwandigen Zellen bestehen, und deren Gewebe ebenfalls ungeordnet ist. An den Seiten ist der Holzring 0, 32—0, 4 M.M. dick. An den Kanten zeigt er Lücken, in welche 0,6 bis 0,7 M.M. dicke keilförmige Holzmassen eingeschoben sind (V, 11); letztere springen aussen 0,2 bis 0,3 M.M. über den Holzring vor und sind beiderseits von breiten Markstrahlen eingefasst. — Der Holzring sammt den Holzkeilen an den Kanten ist von dem Cambiumring, dessen Zellen gleichfalls in radialen Reihen stehen, umgeben (V, 11, ξ). — Dann folgt die radialgereihte Epenrinde, von Rindenstrahlen durchbrochen (r in V, 11 und 9). Sie hat an den Seiten eine Dicke von 0,55—0,7 M.M., an den Kanten (ausserhalb der Holzkeile) von 0,23 bis 0,36 M.M. Diese ungleichdicke radialgereihte Rinde ebnet die Vorsprünge und Vertiefungen des Holzringes wieder fast ganz aus und reicht überall ziemlich gleichweit nach aussen. — Auf sie folgt die ungeordnete Epenrinde oder Rindenscheide (σ in V, 9 und 11), dieselbe ist an den Seiten im Mittel 0,2 M.M. dick und 9—10 Zellen stark; an den Ecken 0,13 M.M. dick und aus 5—7 Zellschichten bestehend, welche stellenweise deutliche, aber kurze, tangentiale Reihen bilden. — Der Bastring ist unterbrochen und besteht aus grössern und kleinern Strängen, welche an den Seiten 2—4 und 5, an den Kanten 8 bis 10 Zellen in der Dicke haben (ϱ in V, 9 und 11). — Die Protenrinde ausserhalb des Bastringes besteht, wenn die Epidermis nicht mitgezählt wird, an den Seiten aus 4—5, an den Ecken aus 9—12 Zellschichten (μ in V, 9 und 11).

Die Stengelspitze besteht in der ganzen Dicke aus einem Urmeristem von gleich grossen Zellen ohne Ordnung, die alle in Theilung begriffen sind. Zunächst scheidet sich dann ein Kreis von Cambiumsträngen aus, deren Zellen kleiner und ebenfalls ungeordnet sind. Jetzt hört die Theilung in den innersten Zellen auf und es tritt allmählich das Mark deutlich durch seine grünliche Färbung und seine grösseren 5- und 6eckigen Zellen hervor. Fast gleichzeitig oder ein wenig später

zeigen auch die innerhalb der Epidermis liegenden Zellschichten eine grünliche Färbung und geben sich als Rinde zu erkennen. Zwischen Rinde und Mark befindet sich ein kleinmaschigeres Gewebe, ein Cambiumring, in welchen sich die ursprünglichen Stränge vereinigt haben. Zwischen Mark, Cambiumring und Rinde mangelt noch eine scharfe Begrenzung (IV, 5). Doch lässt sich die Ausdehnung dieser Gewebe meist bis auf Eine Zellschicht genau angeben. — Was das Mark betrifft, so beginnt das Aufhören der Zellentheilung auf dem Querschnitt im Centrum und schreitet nach aussen hin fort. Daher haben späterhin die innern Zellen desselben einen 2 bis 3mal grössern Durchmesser als die äussern (IV, 5). Auch die Chlorophyllbildung und die Bildung der Intercellulargänge fängt im Mittelpunkt an. Wir können also sagen, dass die Differenzirung des Markes aus dem Meristem von innen nach aussen hin fortschreitet. — Umgekehrt verhält es sich mit der Rinde. Hier ist es zuerst die Epidermis, welche sich von dem übrigen Meristem unterscheidet und dann folgt von aussen nach innen Zellschicht für Zellschicht (IV, 2, μ). Diese Rindenbildung charakterisirt sich, wie die des Markes, durch 3 Merkmale: die Zellen sind etwas grösser als die des übrigen Meristems, sie zeigen grünen Inhalt, und sie haben die aktive Theilungsfähigkeit verloren, indess die Markzellen überhaupt theilungsunfähig sind.

In dem 0,55 M.M. dicken Querschnitt unter der Spitze ist das Mark und die Rinde schon vollständig angelegt (IV, 4). Jenes hat im Mittel einen Durchmesser von 0,25 M.M. und von 16 bis 18 Zellen. Die Zellen im Centrum sind 20—24 Mik., diejenigen am Umfange 8—10 Mik. gross. Der radiale Durchmesser der Epidermiszellen beträgt 16, derjenige der 4 Schichten von Rindenzellen an einer Stengelseite zusammen 40 Mik., was auf die Zelle 10 Mik. macht. An den Stengelkanten befinden sich unter der Epidermis 8 — 10 Zellschichten ebenfalls mit 10 Mik. grossen Zellen. Die Zellen des Cambiumringes sind 6 — 8 Mik. gross.

Das Mark zeigt, wie schon gesagt, fernerhin auf dem Querschnitt keine Zellenbildung mehr; es dehnt sich bloss aus. Die Epidermis- und die Rindenzellen theilen sich von jetzt ab bloss durch radiale (nicht mehr durch tangentiale) Wände, indem sie der Zunahme des eingeschlossenen Gewebes theils durch Vergrösserung, theils durch Vermehrung genügen. Das Verhalten der Epidermiszellen und der innersten Protenrindenzellen (unmittelbar ausserhalb des Bastringes) ergibt sich aus folgenden Messungen.

Dicke des Internodiums in M.M. . . .	0,55	0,9	1,8	2,5	4,8
Zahl der Epidermiszellen am ganzen Umfang	262	302	468	524	900
Breite derselben in Mik.	8	10	12	14	16,5
Zahl der innersten Protenrindenzellen am ganzen Umfang	211	234	335	363	483
Breite derselben in Mik.	9	11,5	15	19	30

Sobald das Mark und die Protenrinde angelegt sind, findet die Vermehrung der Zellschichten allein im Cambiumring statt. Anfänglich sind hier alle Zellen in Theilung begriffen. Dann sind es zuerst einzelne Zellen mitten im Gewebe, die sich in Dauerzellen umwandeln und zu Ring- und Spiralgefässen werden (IV, 1, k, s, t). Nachher fangen die äussersten und die innersten Zellen an,

sich nicht mehr zu theilen und in Dauergewebe überzugehen (IV, 1, ϱ und ψ), indessen in einer mittleren Partie die Zellenbildung immer fortdauert (IV, 1, ξ). Von innen nach aussen bildet sich zuerst die Markscheide (ψ in IV, 2, 3 und V, 8), dann das Holz; von aussen nach innen der Bastring, dann die Epenrinde (ϱ und σ in IV, 2, 3 und V, 8).

Der Cambiumring und die aus ihm hervorgehenden Dauergewebe sind anfänglich ungeordnet. Erst in dem 1,4 oder 1,8 M.M. dicken Internodium beginnen innerhalb der Kanten im Cambiumring kurze radiale Reihen sichtbar zu werden (IV, 3, ξ). Untersuchen wir hier die Zunahme der Zellen, so finden wir von dem 0,55 M.M. dicken Querschnitt an, wo Rinde und Mark zum ersten Mal deutlich werden, folgende Zunahme:

Dicke des Internodiums in M.M. . . .	0,55	0,9	1,8
Radius des Markes in M.M. . . .	0,12	0,19	0,38
Mittlerer Radius des Cambiumrings in M.M.	0,125	0,20	0,40
Mittlere Umfangslänge desselben in M.M. .	0,75	1,50	3,46
Zahl der Cambiumzellen im ganzen Umfang	100	200	400
Zahl derselben in der Dicke an den Stengelkanten	15—17	24—26	41—43
Zahl derselben in der Dicke an den Stengelseiten	5—6	8—10	18—20

Während dieser Periode d. h. während der Stengeldurchmesser von 0,55 auf 1,8 M.M. zunimmt, wächst also der mittlere Radius des Cambiumringes fast auf das Fünffache, seine Zellenzahl im Umfang von 100 auf 400, seine Zellenzahl in der ganzen Dicke (zwischen Mark und Protenrinde) an den Kanten von 16 auf 42, an den Seiten von 6 auf 20. Indessen sind diese Verhältnisse zwischen der tangentialen und radialen Zunahme, insofern sie für das wirkliche Bildungsgewebe gelten sollen, nicht genau, weil bei der Berechnung der radialen Zunahme immer das ganze Gewebe zwischen Mark und Protenrinde, nicht bloss das in Theilung befindliche Cambium berücksichtigt wurde. Die richtige Behandlungsweise ist hier unausführbar, weil die Grenzen zwischen den innern und äussern Dauerzellen einerseits und den zwischenliegenden Bildungszellen anderseits lange undeutlich ist. Erst wenn der Bastring und die Markscheide hinlänglich unterscheidbar geworden sind, kann das zwischen ihnen befindliche Gewebe gemessen werden. In dem 0,9 M.M. dicken Internodium befinden sich an den Kanten zwischen den Gefässen und dem Bastring 6 Zellschichten, in dem 1,4 M.M. dicken Internodium befinden sich daselbst 13 und in dem 1,8 M.M. dicken Internodium 20 Zellen. Die Zellenzahl im Cambiumring nimmt daher an den Kanten in radialer Richtung von 7 auf 20 zu, indess sie in tangentialer Richtung am ganzen Umfang von 200 auf 400 sich vermehrt.

Indess auch dieses Verhältniss ist nicht genau, indem der berechnete Werth immer noch hinter der wirklichen Zunahme in radialer Richtung zurückbleibt. Denn es sind mit dem Cambium auch noch Dauerzellen der Epenrinde mitgezählt. Dazu kommt ein anderer wichtiger Umstand, welcher die Zunahme in tangentialer Richtung betrifft. Diese lässt sich allerdings für den ganzen Umfang ganz ge-

nau feststellen. Allein sie ist nicht überall gleich gross. An dem 0,9 M.M. dicken Querschnitt sind die Kanten äusserst stark ausgebildet; zwischen denselben befinden sich schmale spitze Rinnen, welche die Anfänge der künftigen Stengelseiten sind (IV, 6). Diese bilden sich nun mit dem Dickenwachsthum des Stengels mehr und mehr aus, indem die Ecken verhältnissmässig immer weniger vortreten. Das Stengelinternodium wächst also auf dem Querschnitt beträchtlich mehr an den Seiten als an den Ecken, und zwar sowohl in tangentialer als in radialer Richtung. Wenn daher der Cambiumring von dem 0,55 M.M. dicken bis zum 1,8 M.M. dicken Querschnitt von 100 auf 400 Zellen zunimmt, so sind daran die Stengelseiten weit mehr als die Kanten betheiligt.

Wir können daher mit Gewissheit sagen, dass während dieses Zeitraums in den Kanten die Cambiumzellen in tangentialer Richtung in einem viel geringern Verhältniss als von 200 auf 400, in radialer Richtung dagegen in einem beträchtlich stärkern Verhältniss als von 6 auf 20 Zellen zunehmen. Nach approximativer Schätzung mag dort die Zunahme etwa 50, hier 300—400 % betragen. Damit stimmt denn genau die Thatsache überein, dass in dem 1,8 und auch wohl schon in dem 1,4 M. M. dicken Internodium an den Kanten radiale Reihen von 3—6 Zellen im Cambiumring sichtbar werden (IV, 3, ξ). — An den Stengelseiten ist dagegen die tangentiale Zunahme im Cambium ebenso beträchtlich als die radiale, und von einer Anordnung in radiale Reihen durchaus noch nichts sichtbar (IV, 2, ξ).

Vergleichen wir das 1,8 M.M. dicke und das 2,5 M.M. dicke Internodium mit einander, so zählt man zwischen Markscheide und Bastring an den Stengelseiten des erstern 7 Zellen auf einen Raum von 0,06 M.M. Dicke, beim zweiten 14 Zellen auf einen Raum von 0,14 M.M., — zwischen den Gefässen und dem Bastring an den Kanten des erstern 20 Zellen auf eine Dicke 0,17 M.M., beim zweiten 24 Zellen auf 0,23 M.M.; — der Umfang des Cambiumringes beträgt im ersten Internodium 3,46 M.M. und enthält circa 400 Zellen, im zweiten 5,1 M.M. und etwa 444 Zellen.

In dem 1,8 M.M. grossen Internodium sind die Cambiumzellen an den Seiten noch ungeordnet; in dem 2,3 und 2,5 M.M. grossen Querschnitt bemerkt man daselbst kurze radiale Reihen von 3—5 Zellen (V, 8, ξ). Diess wird durch die Zellenbildung erklärlich. Im Umfang des Cambiumringes nimmt die ganze Zellenzahl bloss von 400 auf 444, also von 100 auf 111 zu. Die Zahl der Zellschichten zwischen Markscheide und Bastring wächst von 7 auf 14. Von jenen 7 gehören aber 4 schon der Epenrinde an und theilen sich nicht mehr durch tangentiale Wände, und nur 3 bilden den eigentlichen Cambiumring. In radialer Richtung theilen sich also 3 Cambiumzellen in 11 Zellen. Die Zunahme beträgt daher in tangentialer Richtung 11 %, in radialer Richtung 267 %; und das Verhältniss der radialen zur tangentialen Zunahme ist für die Zeiteinheit noch viel beträchtlicher als 267 : 11, weil die äusseren Zellschichten fortwährend in Epenrinde übergehen und nur ein Theil derselben im Zustande des Cambiums bleibt. Daher muss das letztere nothwendig eine radialgereihte Anordnung annehmen.

In dem 2,3—2,5 M.M. dicken Internodium sind noch alle Gewebe unge-

ordnet, mit Ausnahme des Cambiumringes, welcher an den Seiten 3—5, an den Kanten 8—12zählige radiale Reihen zeigt. Von diesem Stadium an bleiben nicht nur die Cambiumzellen fortwährend radialgereiht, sondern es behalten diese Anordnung auch alle aus denselben hervorgehenden Gewebe (Holz- und Epenrinde). Diess rührt von der anfänglich noch geringen, später mangelnden Ausdehnung des eingeschlossenen Gewebes her. Der äussere Umfang der Markscheide hat an dem 2,5 M.M. dicken Internodium einen durchschnittlichen Radius von 0,65 M.M., an dem 3,4 M.M. dicken Internodium einen solchen von 0,68 M.M., und dieser Radius bleibt für alle dickern Internodien der nämliche. Es nimmt daher im Cambiumring die Zellenzahl in radialer Richtung viel stärker zu, als in tangentialer.

Diese ungleiche Zunahme ergiebt sich aus der Vergleichung der Querschnitte von 2,5 M.M., von 2,9 M.M. und 3,4 M.M. Durchmesser. Die 3—5zähligen Cambiumzellenreihen an den Seiten des erstern haben sich im zweiten in 8—11 zählige (VI, 12, ξ), im dritten in 20—23zählige Reihen verwandelt, indess der Cambiumring im ersten einen Umfang von 5,1 M.M. und 444 Zellen, im zweiten von 6 M.M. und 490 Zellen, im dritten von 6,8 M.M. und 490 Zellen zeigte. Während die Zellenzahl in radialer Richtung um 450 % zunimmt, vermehrt sie sich in tangentialer nur um 18 %. — An den Seiten des 3,4 M.M. dicken Internodiums befinden sich 8—9zählige radiale Reihen, welche dem Cambium und der radialgereihten Epenrinde angehören. Beide Gewebe sind nicht deutlich geschieden; man kann aber mit ziemlicher Sicherheit für den Cambiumring 3—4 Zellen annehmen. Aus denselben sind in dem 4,7 M.M. dicken Internodium Reihen von 29—32 Zellen hervorgegangen, indess sich der Umfang des Cambiumrings von 6,8 M.M. und 523 Zellen auf 8,7 M.M. und 621 Zellen vergrösserte. Hier beträgt die Zunahme der Zellenzahl in radialer Richtung 771 %, in tangentialer nur 19 %.

Es ist daher begreiflich, dass die radialen Reihen im Cambiumring und im Holz immer deutlicher und schöner werden. Was die Epenrinde betrifft, so ist besonders hervorzuheben, dass auch in ihr die radiale Anordnung sehr augenfällig hervortritt. Es rührt diess von dem Umstande her, dass die Rindenbildung im Verhältniss zur Holzbildung beträchtlich ist, dass also nicht nur das gereihte Cambium in grosser Menge zu Rinde wird, sondern dass auch diese Rinde wegen der geringen Holzbildung nur eine geringe tangentiale Ausdehnung erfährt und wenig in ihrer radialen Anordnung gestört wird.

Diese Thatsachen gelten namentlich für die Stengelseiten. An den Ecken zeigt die Epenrinde in der Regel nur undeutliche radiale Reihen, was durch zwei Ursachen hervorgebracht wird: 1. Weichen die Zellenreihen im Cambium viel mehr auseinander (sie gehören einem geringern Krümmungsradius an) als an den Seiten, 2) ist die Rindenbildung absolut etwas geringer als die Holzbildung, während sie an den Seiten dieselbe übertrifft.

Ich habe bis jetzt die Zellenbildung auf dem Querschnitt mit Rücksicht auf die gereihte und ungereihte Anordnung der Gewebe betrachtet. Einige Bemerkungen mögen ferner die Folge und das Verhältniss betreffen, in welchen die

verschiedenen Gewebsformen aus dem Urmeristem und dem Cambium sich ausscheiden. — In dem Urmeristem, das die Stengelspitze von Paullinia spec. in ihrer ganzen Dicke herstellt, wird zuerst die Epidermis gebildet. Diesen Namen muss nach meiner Ansicht die äusserste Zellschicht von dem Moment an erhalten, in welchem sie sich nicht mehr durch tangentiale Wände theilt, wie diess alle übrigen Zellen des Urmeristems noch eine Zeitlang thun. Hat diese Theilung aufgehört, so zeichnen sich die Epidermiszellen auch bald durch hellen Inhalt aus. An dem Querschnitt der Stammspitze, auf dessen kürzesten Durchmesser von 0,22 M.M. nicht mehr als 30 Zellen von 7 Mik. Grösse treffen, ist schon stellenweise die Oberhaut deutlich. Dieselbe bildet von jetzt an fortwährend eine einfache Schicht; aber sie vermehrt durch horizontale und radialsenkrechte Wände ihre Zellenzahl noch sehr bedeutend. — Darauf wird der Kreis von Cambiumsträngen sichtbar, die in Folge der überwiegenden Längstheilung ein kleinmaschiges Gewebe darstellen.

An dem Querschnitt treten nun 4 Erscheinungen fast gleichzeitig hervor: Protenrinde, Mark, die ersten Gefässe und die Vereinigung der Cambiumstränge in einen Ring. Das Mark muss als angelegt betrachtet werden, wenn sich keine Längswände mehr bilden, die Protenrinde, wenn keine tangentialen Längswände mehr entstehen. Ich habe diese Prozesse früher schon erörtert; ich bemerke hier bloss noch mit Rücksicht auf ihr gegenseitiges Verhältniss, dass zuerst die Bildung der Rinde an den Ecken beginnt. An einzelnen Kanten (nämlich an denjenigen, welche den Mittelnerven der beiden nächsten Blätter entsprechen) sind schon die grossen Zellen in dem Gewebe, das sich nachher zum Collenchym ausbildet, deutlich und die ausserhalb befindlichen Rindenzellen angelegt, wenn die Cambiumstränge noch nicht in einen Ring vereinigt sind, wenn das Mark wenig mehr als die Hälfte seiner Zellen besitzt, und, wenn erst in einer Kante die Gefässe deutlich sind. Die Rinde ist vollständig (an den Ecken und Seiten, dort mit 8—10, hier mit 4—5 Schichten) angelegt, der Cambiumring deutlich und die ersten Gefässe in allen Ecken, wenn auch noch nicht in allen Strängen, sichtbar, ehe das Mark vollständig angelegt ist. Ich habe schon früher gesagt, dass das letztere von innen nach aussen, die Rinde von aussen nach innen gebildet wird.

Aus dem Cambiumring, der inzwischen durch Zellentheilung sich stark verdickt hat, scheidet sich zunächst der Bastring, die ungeordnete Epenrinde (Rindenscheide), die Markscheide, und die Cambiformstränge innerhalb der Gefässe aus. Von diesen Partieen wird zuerst der Bast angelegt, und zwar früher in den Ecken als an den Seiten (IV, 1, ϱ). Er ist aber noch dünnwandig, cambiumähnlich und wird in seiner Begrenzung nach innen als kleinmaschiges Gewebe erst dann deutlich, wenn auch schon die äussersten Zellen der Epenrinde angelegt sind (IV, 3, ϱ). Die Zeit, in welcher die Markscheide angelegt ist, d. h. in welcher die Theilungen in ihr aufgehört haben, ist nicht sicher zu bestimmen, weil die Abgrenzung gegen Mark und Cambium noch lange undeutlich bleibt. Gewiss erfolgt sie erst nach der Bildung des Bastringes, wahrscheinlich ziemlich gleichzeitig mit der ungeordneten Epenrinde. Zuletzt entstehen die Cambiformstränge aus der Markscheide. Wenn in der letztern die Theilungen

durch Längswände sonst überall aufgehört haben, so theilen sich noch die Zellen innerhalb der Gefässe und zum Theil auch zwischen denselben durch radiale und tangentiale Wände und bilden Stränge, welche deutlich durch das kleinmaschigere Gewebe und später durch die grüne Farbe unterschieden sind (IV, 3, bei g, p und q).

Ich glaube, dass diess ein ziemlich richtiges Bild von den ersten Differenzirungen im Gewebe der Stengelspitze von Paullinia spec. giebt. Es ist natürlich unmöglich, genau den Moment zu bezeichnen, in welchem ein bestimmtes Gewebe angelegt ist, d. h. in welchem bestimmte Zellentheilungen aufgehört haben. In der Regel müssen erst andere Erscheinungen, wie Veränderungen des Inhaltes und der Membran, eintreten, ehe man davon versichert sein kann. Dass die Gewebe angelegt sind, giebt sich bei den Sapindaceen gewöhnlich durch das Auftreten von Zellen mit dichtem, das Licht stark brechendem Inhalte kund, welcher sich bald braun färbt. Sie kommen in dem Marke und in der Protenrinde zerstreut vor, sowie auch in dem Gewebe, aus welchem der Bast sich entwickelt; in grösserer Menge treten sie in der Epenrinde und in der Markscheide auf. Durch dieselben lassen sich in einzelnen Fällen schon sehr früh die sich aus dem Urmeristem oder aus dem Cambium differenzirenden Gewebe erkennen

Bei Serjania mexicana werden die mit dunklem Inhalt gefüllten Zellen in dem Cambiumring schon sichtbar und deuten die Epenrinde und die Markscheide an, wenn sie selber noch nicht grösser sind, als die wirklichen Cambiumzellen. Man bemerkt sie zuweilen fast zu gleicher Zeit mit den ersten Gefässen, oder doch kurze Zeit nach denselben. In dem sechseckigen Querschnitt durch eine Stengelspitze zeigten z. B. 5 Ecken je 1—3 Gefässe; 2 davon sowie die sechste, gefässlose Ecke hatten je eine mit dunklem Inhalt gefüllte Zelle in der Epenrinde; in der Markscheide befanden sich deren mehrere. Nachher erkennt man die Epenrinde durch diese zerstreuten dunkeln Zellen als einen vollständigen Ring zwischen dem Cambiumring und der Bastzone. Der Bast selber scheint bei Serjania mexicana erst angelegt zu werden, wenn die Epenrinde schon als Ring sichtbar ist; wenigstens treten in demselben die dunkeln Zellen erst später auf. Hier ist auch besonders deutlich, dass die Zellentheilungen in derjenigen Partie des Cambiums, welche zu Bast wird, lebhafter vor sich gehen, als in den Theilen, welche die Epenrinde und die Markscheide bilden, da das Gewebe dort deutlich kleinmaschiger wird. Die in dem jungen Bast zerstreuten Zellen mit dunklem Inhalt verhalten sich übrigens bei ihrer weitern Ausbildung nicht verschieden von allen andern; sie werden ebenfalls zu dickwandigen Fasern.

Wenn die Bastzellen bei Serjania mexicana anfangen, ihre Wandungen zu verdicken, so hat man auf dem Querschnitt von $2^1/_2$ M.M. Dicke an den Seiten oder Furchen des Stengels folgende Gewebe: die Epidermis, 5—6 grüne und 1 farblose Schicht von Protenrindenzellen, 3 Schichten von Bastzellen, 3—5 Schichten von Epenrindenzellen, 5—7 Schichten von radialgereihten Cambiumzellen, 5—6 Schichten etwas dickwandiger Markscheidenzellen. Die Bastzellen sind am kleinsten, ihr Durchmesser beträgt 10 Mik.; die Cambiumzellen haben in radialer Richtung 10, in tangentialer Richtung 17 Mik.; die Epenrindenzellen sind 14 Mik.,

die Markscheidenzellen 17—23 Mik. gross; der Durchmesser der Protenrindenzellen beträgt 15—25 Mik. und der dünnwandigen Markzellen 45—90 Mik. Dieser Unterschied in der Zellengrösse der Protenrinde und des Markes rührt von zwei Ursachen her, 1) von dem Umstande, dass das aktive Wachsthum der Protenrindenzellen (in radialer Richtung) viel geringer ist als dasjenige der Markzellen, und 2) von der schon früher erwähnten Thatsache, dass in der Protenrinde, nachdem sie angelegt ist, die Theilungen durch radiale Wände in dem Maasse fortdauern, als es das passive tangentiale Wachsthum verlangt. Die Cambiformzellen, die sich innerhalb der in den Ecken liegenden Gefässbündel befinden, haben eine Grösse von 9 Mik.

Die Bildung des reihenförmigen Cambiums beginnt bei Paullinia spec. in den Ecken des Stengels ausserhalb der Gefässe zu einer Zeit, wo die Markscheide noch nicht fertig angelegt ist. An den Stengelseiten wird es erst sichtbar, wenn die Markscheide und die Cambiformstränge angelegt sind. Aus dem reihenförmigen Cambium wird nach innen das Holz, nach aussen die gereihte secundäre Rinde gebildet. An den Kanten ist die Holzbildung ziemlich mächtiger als die Rindenbildung, so dass in dem 4,7 M.M. dicken Internodium (V, 11) die Dicke des Holzes (bis zu den abrollbaren Gefässen) 0,57 bis 0,6 MM. und im Mittel 36 Zellen, die der radialgereihten Rinde 0,22—0,27 M.M. und 13 Zellen beträgt. An den Seiten wird anfänglich ebenfalls eher mehr Holz als Rinde gebildet. Bald aber überwiegt die Bildung der letztern, so dass in dem 4,7 M.M. dicken Internodium der Holzring 0,3—0,37 M.M. und im Mittel 20 Zellen, die radialgereihte Rinde 0,54—0,6 M.M. und 27 Zellen dick ist. — Das stärkere Wachsthum des Holzes an den Kanten beschränkt sich auf die Partie des Cambiumringes, welche einem einzigen Gefässstrang angehört und veranlasst das Vorspringen von keilförmigen Holzstücken.

Ich erwähne hier noch einer Erscheinung, die zwar auch bei den andern Laubhölzern vorkommt, aber gerade sehr deutlich und charakteristisch bei einigen Sapindaceen sich zeigte. Der Holzring ist scharf von dem Cambiumring geschieden; je die innersten Zellen des dünnwandigen Cambiums bilden sich rasch zu dickwandigen Holzzellen aus. Die porösen Gefässe aber treten fast mitten im Cambiumring isolirt auf, durch 2, 3, 4 cambiumähnliche Zellen (die sich nicht mehr theilen) von den äussersten Holzzellen getrennt. Innerhalb dieser isolirten Gefässe, sowie seitlich und ausserhalb von denselben tritt dann die Verholzung etwas rascher ein, so dass sie sich kurze Zeit nach ihrem Sichtbarwerden in kleinen Vorsprüngen des Holzringes befinden. — Es ist diess nichts anderes als die allgemeine Erscheinung, dass die Gefässzellen ihre Wandungen rascher verdicken als die umgebenden Zellen. So werden in dem ungereihten Cambium die Ring- und Spiralgefässe sichtbar, lange bevor die nächstliegenden Zellen sich ausbilden. Bemerkenswerth ist, dass, wie die vorhin angeführte Thatsache zeigt, in dem gereihten Cambium die vorauseilenden Gefässzellen auch die benachbarten Holzzellen zu einer rascheren Entwickelung veranlassen.

Nachdem ich eine Sapindacee, die dem gewöhnlichen Dicotyledonentypus angehört, weitläufiger betrachtet habe, kann ich mich für diejenigen, welche ausser dem allgemeinen noch äussere besondere Holzringe besitzen, kürzer fassen. Es sind hier im Wesentlichen die nämlichen Erscheinungen, modifizirt durch die genannten eigenthümlichen Verhältnisse.

Bei Serjania caracassana *Willd.* zeigt uns der Querschnitt durch die äusserste Stammspitze ein gleichförmiges Urmeristem, deren Zellengrösse ungefähr 8 Mik. beträgt. Unmittelbar darauf, bei einer Dicke von 0,3—0,4 M.M. findet man in dem Meristem einen Kreis von 6 (5—7) Cambiumsträngen, jenes mit 10 Mik. grossen, diese mit zarten, 5 Mik. grossen Zellen (X, 1, 2). Die Cambiumstränge, welche den Ecken des Stengels und den besondern Holzringen entsprechen, wachsen sehr stark an und verbinden sich durch schmälere Cambiumbänder, die den Stengelseiten entsprechen, zu einem Ring. In den dicken, innerhalb der Ecken befindlichen Cambiummassen gehen nun die Veränderungen vor, die ich früher schon geschildert habe. Es werden nämlich zuerst einige Gefässe sichtbar (X, 3, 6); dann gehen die neben und einwärts von denselben liegenden Cambiumzellen in Dauergewebe über; es ist das Mark des künftigen besondern Holzringes (X, 6, f; 7, ε), während jene Gefässe den Anfang seiner nach der Peripherie gekehrten Gefässstränge darstellen. Gleichzeitig hört die Zellenbildung in den äussersten Zellen des ganzen Cambiumringes auf, und es wird dadurch der Bastring angelegt (ϱ in X, 6 und 7). Das an die Gefässe sich anschliessende Dauerparenchym (τ) bildet einen mit der Oberfläche parallel laufenden Streifen, der beiderseits frei endigt, und die Cambiummasse in den Ecken in eine äussere und eine innere Partie (ξ und π) trennt. Etwas später scheidet sich in der innern Partie (6, π) ein mit dem ersten paralleler Streifen von Dauergewebe aus (χ in Fig. 7 und 8), welcher sich rechts und links neben der Kante an die innerhalb des Bastringes liegende Epenrinde anschliesst. Dadurch ist nun die Cambiummasse, wenn wir den durch die Mitte einer Ecke gehenden Radius betrachten, in 3 Theile geschieden, von denen die beiden äussern (π und ξ in X, 5 und 8) zusammen den flachgedrückten Cambiumring bilden, aus dem der besondere Holzring entsteht, und der innere (φ) dem Cambiumring angehört, welcher den allgemeinen Holzring erzeugt. Gleichzeitig mit dieser Spaltung der innern Cambiumlamelle oder unmittelbar nach derselben werden an ihrer äussern Seite einzelne Gefässe sichtbar, welche der Anfang der nach der Stengelmitte gekehrten Gefässbündel des besondern Holzringes sind (X, 8, g).

Die Scheidung der Gewebe giebt sich auch hier, wie ich es für die Sapindaceen mit einfachem Holzring erwähnt, zuerst durch das Auftreten von Zellen mit dichtem, sich leicht braunfärbendem Inhalte kund. Ihre Anwesenheit zeigt an, dass die aktive Zellentheilung aufgehört hat; dort nimmt die Zahl der Zellen von jetzt an in radialer Richtung nicht mehr zu. Man sieht diese Zellen in Fig. 3—8 auf Taf. X. In Fig. 6 ist erst eine einzige zwischen ξ und ϱ bemerkbar, und giebt kund, dass der Bast angelegt ist. In Fig. 7 χ deuten sie ebenfalls den Uebergang des Cambiums in Dauergewebe und die Trennung desselben in zwei Cambiumlamellen π und φ an.

Bis jetzt zeigen alle Gewebe des Stengels ungeordnete Zellen. Das Mark dehnte sich immer noch beträchtlich aus, und veranlasste eine entsprechende Erweiterung der Cambiumschichten, in welchen desswegen, ausser den tangentialen, auch zahlreiche radiale Wände sich bildeten. Wenn es beinahe ausgewachsen ist, so beginnt das Cambium Reihen zu bilden, und zwar überall, sowohl in den besondern als in dem allgemeinen Ring. Was den allgemeinen Cambiumring betrifft, ist diess von vornherein begreiflich, weil derselbe sich wie der einzige des gewöhnlichen Dicotyledonenstengels verhält. Was die besondern Cambiumringe betrifft, so ist es ebenfalls sogleich einleuchtend, sobald wir die Verhältnisse näher in's Auge fassen. Diese besondern Ringe sind, wie ich schon sagte, in radialer Richtung mehr oder weniger zusammengedrückt, also zum Theil mit dem allgemeinen Cambiumring parallel. Eine Flächenausdehnung des letztern in Folge des Wachsthums des Markes hat daher auch eine Flächenausdehnung der besondern Ringe (weil diese mit dem umgebenden Gewebe fest verbunden sind) und somit eine vermehrte Theilung durch radiale Wände zur Folge. Diese Wirkung wird, zwar nur in geringem Maasse und nur in den frühesten Zuständen durch die geringe Ausdehnung des eigenen (besondern) Markes unterstützt. Weiterhin verhält sich der besondere Cambiumring wie ein gewöhnlicher; sein eigenes Mark erfährt keine Ausdehnung, und es müssen daher nothwendig die neu sich bildenden Zellen eine radialgereihte Anordnung annehmen, wie das in jeder zellenbildenden ringförmig-geschlossenen Schicht der Fall ist. Durch das Anwachsen des allgemeinen Cambiumringes sammt seinem Holz und seiner Epenrinde wird der besondere Cambiumring, wie der Bast und die Protenrinde, nach aussen geschoben. Der besondere Cambiumring nimmt einen Theil vom Umfange des allgemeinen ein, und die Verhältnisse werden nicht gestört, wenn sein Durchmesser wie ein entsprechender Bogen des letztern sich ausdehnt Da der Umfang eines Kreises im gleichen Verhältniss wie sein Radius oder sein Durchmesser zunimmt, so folgt daraus, dass das Gleichgewicht nicht gestört wird, und dass allgemeiner und besonderer Cambiumring einander in ihrem Wachsthum nicht beeinträchtigen, wenn beide ungefähr in gleichem Maasse Zellen bilden. Diess ist in der That der Fall, und es können daher die veschiedenen Cambiumringe mit Rücksicht auf die Anordnung der Zellen, ihren eigenen Gesetzen folgen. Dem entsprechend finden wir die Zellen der Protenrinde, des Protenmarkes, der Markscheide im allgemeinen Holzring, des Epenmarkes in den besonderen Holzringen, des Bastringes und der Rindenscheide (der zuerst gebildeten Epenrinde) ungeordnet, dagegen die Zellen des Holzes im allgemeinen und in den besondern Holzringen radialgereiht; ebenso zeigt die Epenrinde innerhalb der zur Rindenscheide gehörenden Gewebe bald mehr bald weniger deutliche Reihen, welche in der Richtung je nach ihrem Ursprunge mit den Radien des allgemeinen oder der besonderen Ringe zusammentreffen.

Bei den mit dem gewöhnlichen Typus des Dicotyledonenstammes übereinstimmenden Sapindaceen erfolgt die Anlegung der Gewebe innerhalb des Cambiumringes (Protenmark, Markscheide, Holz) von innen nach aussen, ausserhalb desselben (Epidermis, Protenrinde, Bast, Rindenscheide, Epenrinde) von aussen

nach innen. Die Zellenbildung concentrirt sich immer mehr auf eine ringförmige Zone (den Cambiumring), und hat daselbst, wenn auch nicht ihren ausschliesslichen Sitz, doch ihr bei Weitem überwiegendes Maximum. Im Anfange ist die Zellenbildung auf dem ganzen Querschnitt überall gleich lebhaft. Nachher ist sie in einem ziemlich breiten Cambiumring lebhafter als in Mark und Rinde. Später hat sie in den innern Geweben ganz aufgehört und in den äussern dauern nur passive Theilungen durch radiale Wände (um der Ausdehnung des Cambiumringes zu genügen) noch längere Zeit an, bis auch hier (von aussen nach innen fortschreitend) das Leben ganz erstirbt; die Theilung durch tangentiale Wände aber beschränkt sich auf den Cambiumring, und hier ist es wieder auf jedem Radius eine mittlere Zelle, wo die Zellenbildung weitaus am lebhaftesten vor sich geht.

Bei den Sapindaceen mit besonderen Cambiumringen sind die Verhältnisse zwar ähnlich, aber durch die gegebenen Eigenthümlichkeiten modificirt. Protenrinde und Protenmark verhalten sich wie gewöhnlich; sie werden aus dem Urmeristem jene von aussen nach innen, dieses von innen nach aussen angelegt. In dem Cambiumring treten complicirtere Erscheinungen auf. Wie ich sagte, theilt sich die Cambiummasse innerhalb einer Ecke durch Zwischenlagerung von Gefässen und Parenchym zuerst in 2 Theile. Die äussere derselben zeigt eine Zeit lang eine lebhaftere Vermehrung, und in Folge derselben kleinere Zellen; sie sind im Mittel 5 Mik. gross (X, 6, ξ), indess sie im innern Theil 7 Mik. Grösse haben und mehr (π). — Dann wird die Zellenbildung in der innern Cambiumpartie lebhafter. Wenn z. B. in einem frühern Stadium zwischen dem ersten Gefäss und der Protenrinde 12—13 Zellen, zwischen demselben und dem Protenmark 8—9 Zellen sich befinden, so zählt man später dort 17, hier 15; die Zunahme beträgt dort 36, hier 76 % In einem noch spätern Stadium ist die Zellenzahl zwischen dem ersten Gefäss und der Protenrinde auf 21, zwischen demselben und dem Protenmark auf 25—26 Zellen gestiegen, was dort eine fernere Zunahme von 24, hier eine solche von 70 % ergibt. — Die zwei Lamellen, in welche sich die innere Cambiumpartie nachher theilt (π und φ in X, 7 und 8), lassen die gleichen Wahrnehmungen machen. Zuerst ist die Zellenvermehrung in der äussern Lamelle lebhafter, später in der innern.

Das Maximum der Zellenvermehrung schreitet also in der ganzen Cambiummasse, welche innerhalb einer Kante liegt, von aussen nach innen fort. Es ist diess eine Erscheinung, welche auch dem Sapindaceenstengel mit einfachem Holzring nicht mangelt, obgleich sie dort nicht so anschaulich sich nachweisen lässt. Das Maximum der Zellenbildung befindet sich dort nämlich zuerst in dem äussern Theil des einzigen Cambiumringes, wo der Bast angelegt wird, nachher in der Nähe der Gefässe, wo die Cambiformstränge und später das gereihte Cambium auftreten. — In dem Sapindaceenstengel mit besondern Holzringen hat das periodisch gesteigerte Wachsthum in jeder der drei auf einem Radius hinter einander liegenden Cambiumlamellen häufig eine gleiche schliessliche Wirkung, so dass späterhin die drei daraus hervorgegangenen Holzlagen die gleiche Mächtigkeit haben. Zuweilen ist die Gesammtproduktion der mittleren Lamelle d. h. des einwärts

gekehrten Theiles des besondern Cambiumrings (π in IX, 11 und X, 8) grösser und das aus demselben entstehende Holz zuletzt mächtiger als der innere (allgemeine) Holzring und als die äussere Seite des besondern. Meistens aber dauert die lebhaftere Zellenbildung in dem allgemeinen Cambiumring am längsten, so dass der allgemeine Holzring, obgleich anfänglich bedeutend hinter den besondern Holzringen zurückstehend, dieselben schliesslich übertrifft.

Die besondern Holzringe sind anfänglich eingebettet in das Gewebe der Kanten, welche nicht mehr als am Stengel von gewöhlichem Dicotyledonenbau vorspringen (VI, 17; IX, 11). Sie sind umgeben von der zuerst gebildeten Epenrinde (Rindenscheide, $\sigma - \chi$ in IX, 11), und bedeckt von dem Bastring (v) und der Protenrinde (μ). Da diese bedeckenden Rindengewebe nur kurze Zeit ein aktives Wachsthum besitzen, so werden sie später durch die zunehmenden innern Theile ausgespannt, wie eine Haut, die sich ausdehnen aber nicht dicker werden kann. Je mehr ein besonderer Holzring anwächst, desto mehr gliedert sich sein Körper von dem allgemeinen Holzring ab, und desto mehr gewinnt es den Anschein, als ob ein Ast hier mit dem Stengel verwachsen wäre.

Ich habe bis jetzt die Ausbildung des Querschnittes rücksichtlich der Form, Anordnung und Entstehungsfolge der Zellen und der ganzen Gewebe betrachtet. Ich will noch Weniges über den Charakter der Gewebe, wie er aus den Quer- und Längsschnitten sich ergiebt, beifügen. Das fertige Protenmark besteht aus isodiametrischen oder etwas verlängerten Zellen, die oft dickwandig und porös, oft mit Stärke gefüllt sind, und von innen nach aussen an Grösse abnehmen (IV, 5). Es grenzt sich zuweilen, sowohl auf dem Quer- als Längsschnitt, scharf von der Markscheide ab (V, 11); zuweilen findet ein ziemlich allmählicher Uebergang statt. — Die Markscheide besteht manchmal aus langgestreckten dickwandigen Parenchymzellen; wenn ihre Zellen dünnere Wände haben und den Markzellen gleichen, so findet man zwischen denselben Stränge von schmälern und dickwandigeren Zellen. Diese Stränge verlaufen der Länge nach und bilden meistens einen Kreis in geringer Entfernung von der innern Grenze des Holzringes. Da Markscheide und Protenmark hier eine unterschiedslose Masse bilden, so scheinen sie im Marke zu liegen. Nach Analogie mit andern Pflanzen*) ist es jedoch wahrscheinlich, dass sie dem innersten Theil der Markscheide angehören und somit die Grenze derselben andeuten. Es ist diess um so annehmbarer, als die Markscheide auf diese Weise gerade die Mächtigkeit erhält wie in andern Stengeln, wo sie durch die Beschaffenheit ihres ganzen Gewebes deutlich begrenzt ist. Die genannten Stränge bestehen zuweilen bloss aus mehreren, ohne Ordnung neben einander liegenden engeren Zellen mit dickeren Wandungen (VI, 15). Zuweilen indessen umgeben solche Zellen eine weitere Zelle und sind strahlenförmig um dieselbe angeordnet (VI, 16); namentlich zeigen sich die radialen Reihen auf der dem Holzring zugekehrten Seite deutlich (c). Es können zwei Stränge in einem

---

*) z. B. mit Solanum, wo ebenfalls im innersten Theil der Markscheide (des Epenmarkes) solche Stränge vorkommen und die Grenze zwischen derselben und dem Protenmark bilden.

einzigen verschmolzen sein. Die beiden weiten Zellen sind dann einander genähert, bloss durch eine einfache Schicht kleinerer Zellen getrennt, und bilden zusammen das Centrum der strahlenförmigen Anordnung. Die weite centrale Zelle des Stranges ist mit dunklem körnigem Inhalte gefüllt; durch Kochen in verdünnter Aetzkalilösung oder Salzsäure zieht sich derselbe zu grössern und kleinern schleimigen, durch zahlreiche Vacuolen unterbrochene Massen zusammen. Da die Siebröhren in einigen Pflanzen (z. B. in Cucurbita) einen ähnlichen Inhalt haben, so sind vielleicht auch die in Frage stehenden Zellen der Sapindaceen so zu deuten. Dieselben haben wie die schmalen umgebenden Zellen gerade Enden und ungefähr die Länge der übrigen Markscheidezellen. — Das Mark der besondern Holzringe stimmt ganz mit dem Gewebe der Markscheide des allgemeinen Holzringes überein. Doch mangeln darin die vorhin beschriebenen Stränge von engeren dickwandigen Zellen oder sind weniger deutlich von den übrigen Zellen geschieden.

Die Holzringe (sowohl der allgemeine als die besondern) bestehen aus prosenchymatischen Holzzellen, die in radiale Reihen geordnet sind, aus zahlreichen und weiten porösen Gefässen und aus Markstrahlen. Die Gefässe sind zuweilen mit Thyllen angefüllt, die sich durch dicke Membranen mit schönen elliptischen oder spaltenförmigen Poren auszeichnen. Die primitiven Gefässstränge (bestehend aus Spiral- und Ringgefässen) springen auf der inneren Fläche des Holzringes vor. Auf dieselben folgt zuweilen nach innen ein Strang von dünnwandigen, engen, langgestreckten Zellen; die äussern derselben liegen zwischen den Gefässen selbst. Ich habe diese Zellen, weil ihnen der Charakter eines ausgebildeten Gewebes mangelt, als Cambiform bezeichnet. Nachdem das Mark und die Markscheide ihre anfängliche schwach grünliche Farbe verloren haben, zeichnet es sich noch durch eine intensivere grüne Färbung aus.

Die Protenrinde sammt der Epidermis besteht aus ziemlich isodiametrischen grünen Parenchymzellen. An den Ecken ist dieses Gewebe häufig fast ganz durch Collenchym verdrängt (IV, 5; V, 10; IX, 11, μ). Auf die Epidermis folgen mehrere Schichten von Collenchymzellen, und dann noch ein Paar Zellschichten, die mit den innersten Protenrindenzellen übereinstimmen. In dem jungen Collenchym (noch ehe dasselbe seine Wandungen zu verdicken angefangen hat) zeichnen sich einige grosse Zellen aus; sie liegen zu 3—6 in einer Ecke, in einer mit der Oberfläche parallelen Reihe (V, 10; IV, 5, 1, 3). Anfänglich gleichen sie Kanälen mit ölartigem Inhalte; später sieht man deutlich ihre eigenen Wandungen. Im ausgewachsenen Zustande sind sie wenig mehr von den übrigen Zellen verschieden. — Diese Zellen werden sehr früh sichtbar; bei Paullinia spec. sind sie schon in den Ecken eines Querschnittes der Stammspitze vorhanden, dessen Mark erst 10 Zellen im Durchmesser zeigt und somit noch nicht ganz angelegt ist, und dessen Cambiumstränge noch nicht in einen Ring sich vereinigt haben.

Innerhalb der Protenrinde liegt der Bastring, anfänglich ununterbrochen, später durch das Wachsthum der eingeschlossenen Masse in viele Bündel zerrissen. Von der Fläche gesehen, stellt er jetzt ein Netz mit langen Maschen dar. Die

auf den Bastring folgende äussere Epenrinde (Rindenscheide) besteht aus ziemlich isodiametrischen Parenchymzellen. Im jüngeren Zustande unterscheidet man darin deutlicher als später Stränge von längern und engern Zellen. Bei einigen Arten finden sich darin auch einzelne Bastfasern, die indess viel kürzer sind, als diejenigen des Bastringes. Die Rindenscheide, die in den jüngeren Zuständen von der Protenrinde durch den Bastring geschieden ist, tritt später durch die Lücken des letztern mit derselben in Berührung (IX, 11; V, 9, 11.). Die Lücken des Bastringes füllen sich also mit kurzen parenchymatischen Zellen, welche theilweise sehr dickwandig werden und auf dem Querschnitt den Bastfasern selbst ganz ähnlich sind. Zuweilen bilden sich auch in geringer Entfernung innerhalb des Bastes noch ein oder zwei Ringe von dickwandigen Parenchymzellen. Offenbar geht daraus hervor, dass die Stelle, wo sich der Bast bildet, für die Verdickung der Zellwandungen überhaupt sehr geneigt ist. — In den Stengeln mit besondern Holzcylindern findet sich auch zwischen den letztern und dem allgemeinen Holzcylinder ein Streifen von Epenrinde, welcher mit der Rindenscheide übereinstimmt und sich jederseits an dieselbe ansetzt.

Die innere Epenrinde, welche an dem allgemeinen sowie an den besondern Holzringen zwischen dem Cambium und der Rindenscheide liegt, unterscheidet sich von der letztern, ausser der mehr oder weniger deutlichen reihenförmigen Anordnung, durch die sie durchziehenden Rindenstrahlen (Fortsetzung der Markstrahlen), welche meistens sichtbar sind und zum Theil aus Zellen mit verdickten Wandungen bestehen, und durch die mehr langgestreckten Zellen. Zuweilen haben alle Zellen wenig verdickte Wandungen; zuweilen sind die einen sehr dickwandig. Das Gewebe, welches die besondern Holzringe von einander und vom allgemeinen Ringe trennt, ist zuweilen von zwei Streifen dickwandiger Parenchymzellen durchzogen (VI, 17).

Die Resultate dieses Kapitels sind kurz zusammengefasst folgende:

1. In dem Sapindaceenstengel ohne besondere Holzringe erfolgt die Gewebebildung wie in den gewöhnlichen Dicotyledonenstengeln. Anfänglich ist die Zellentheilung auf dem ganzen Querschnitt thätig; das Aufhören derselben beginnt im Centrum und schreitet ringsum nach aussen, wodurch das Mark angelegt wird. Gleichzeitig beginnt das Aufhören der tangentialen Theilungen an der Peripherie und setzt sich nach innen fort, wodurch die Epidermis und dann die Protenrinde angelegt wird.

2. Eine lebhaftere Zellentheilung in einer mittleren Zone erzeugt den Cambiumring, von welchem je die innersten Zellen in Dauergewebe übergehen, um die ungeordnete Markscheide und das gereihte Holz zu bilden, und von welchem je die äussersten aufhören sich tangential zu theilen, um die ungeordnete Rindenscheide und die gereihte innere Epenrinde darzustellen. Einige Abweichungen von dieser sonst streng centrifugalen und centripetalen Bewegung treten in der Markscheide und in der Rindenscheide auf. In jener werden die Gefässe zuerst angelegt und zu einer Zeit, in welcher auch die mehr central gelegenen Partieen des Cambiumringes noch in Zellentheilung begriffen sind. Die

Zellen, welche zunächst neben den Gefässgruppen, namentlich auf der inneren Seite derselben sich befinden, theilen sich noch einige Zeit, wenn die Vermehrung der nämlichen und auch der äussern Kreiszone aufgehört hat, und bilden die kleinmaschigen Cambiformstränge. Die äussere Zone der Rindenscheide wird von dem Bastring gebildet, in welchem ebenfalls die Zellentheilung etwas länger andauert als in der innern Zone.

3. Das Wachsthum ist nur in dem allerfrühsten Zustande auf den verschiedenen Radien des Querschnittes gleich. Bald überwiegt das Dickenwachsthum in einzelnen Richtungen, welche sich schon zu der Zeit, in welcher das Mark und die Protenrinde angelegt werden, zu vorspringenden Ecken ausbilden. Während die Markscheide und die Rindenscheide aus dem Cambiumring heraustreten, beginnt eine sehr lebhafte tangentiale Zunahme in den zwischen den Ecken befindlichen Einkerbungen, welche dadurch zu den Stengelseiten sich ausdehnen. Wegen dieses localen überwiegenden tangentialen Wachsthums werden die radialen Reihen des Holzes an den Stengelseiten später sichtbar als an den Kanten.

4. Bei den Sapindaceen mit abnormalem Bau ist auf dem Radius, wo sich später ein besonderer Holzring ausserhalb des allgemeinen befindet, nach Anlegung des Markes und der Protenrinde der Cambiumring verdickt. Von demselben trennt sich durch Zwischenlagerung von Dauergewebe zuerst eine äussere Lamelle ab; nachher zerfällt auch seine innere Partie auf gleiche Art in zwei Lamellen. Von diesen drei Cambiumlamellen, von denen die beiden äussern den besondern Ring darstellen, zeigt zuerst die äussere, dann die mittlere, zuletzt die innere eine Zeitlang die lebhafteste Zelltheilung.

5. Die besondern Cambiumringe bilden, wie der allgemeine, an dem ganzen, mit Rücksicht auf ihr eigenes Centrum äussern Umfange zuerst Rindenscheide, dann innere Epenrinde, an ihrem innern Umfange Epenmark (oder Markscheide), dann Holz. Der Bast wird zu der Zeit angelegt, wo sich die Cambiumlamellen noch nicht getrennt haben, und bildet daher einen einfachen Ring, der die besondern und den allgemeinen Holzring einschliesst. Markscheide oder Epenmark und Rindenscheide bestehen sowohl im allgemeinen als in den besondern Ringen von Anfang an aus ungeordnetem Gewebe, da sie durch das Wachsthum des Markes eine beträchtliche Ausdehnung erfahren. Das Holz, dem die Ausdehnung mangelt, ist überall radial-gereiht, und in der innern Epenrinde, welche bei den besondern und dem allgemeinen Ring die nämliche geringe Ausdehnung erleidet, sind die Reihen anfänglich immer angedeutet.

---

4. Längsverlauf der Gefässstränge und der Holzringe im Allgemeinen.

Die Blätter sind in der Regel schraubenständig. In der Terminalknospe zeigten die Blattanlagen der untersuchten Arten eine Divergenz von 135 bis 137°. Von hier an bis dahin, wo die Stengelkanten ausgebildet sind, ändert sich die Divergenz in der Regel. In mehreren Fällen ist es eine Verminderung auf 130 und selbst auf 120°. In andern Fällen kann es auch eine Vergrösserung bis auf

144° sein. Da die Stengelkanten da, wo sie an den noch verkürzten Internodien vollkommen deutlich geworden sind, eine senkrechte Richtung zeigen, so lässt sich aus ihrem Verlaufe mit ziemlicher Genauigkeit die Stellung der Blätter in diesem Stadium ermitteln; — und da die so gefundene Divergenz von derjenigen der Terminalknospe abweicht, so hat an dem Stengel von dem Knospenzustande an, wo die Blätter angelegt wurden, bis dorthin, wo die Kanten ausgebildet sind, eine Drehung stattgefunden; und zwar antidrom zur Blattspirale, wenn eine Verminderung der Divergenz, — homodrom, wenn eine Vergrösserung derselben erfolgt. — An ältern Stengeltheilen haben die Kanten und Furchen sehr oft keine verticale Richtung mehr, sondern zeigen einen spiraligen Verlauf. Es hat also abermals eine Drehung stattgefunden; und diese kann entweder in dem gleichen Sinne wirken wie die erstere, oder sie kann ihr entgegengesetzt sein.

Wir haben demnach an dem Stengel der Sapindaceen, wie an so vielen andern Pflanzen eine doppelte Drehung zu unterscheiden. Die Internodien drehen sich von dem ersten Sichtbarwerden an bis zu dem Stadium, wo sich die Kanten und Furchen ausgebildet haben, was man aus der Stellung der Blätter erkennt. Später drehen sie sich noch einmal in gleicher oder in entgegengesetzter Richtung, was aus dem Verlauf der Kanten ersichtlich ist. Die erste Drehung ist nicht mit Rücksicht auf räumliche Richtung, dagegen immer mit Rücksicht auf die Blattspirale constant, indem sie bei den einen Arten und Gattungen mit ihr homodrom, bei den andern antidrom wirkt. Die zweite Drehung dagegen zeigt sich indifferent bezüglich der Blattspirale, dagegen häufig constant bezüglich der räumlichen Richtung; bei den einen Arten ist sie vorwiegend oder ausschliesslich links, bei den andern rechts.

In dem Winkel eines Blattes befinden sich eine Ranke und ein beblätterter Zweig, jene meistens auf der kathodischen, dieser auf der anodischen Seite; doch ist diese Lage durchaus nicht constant. Die Ranke entwickelt sich rascher als der Laubzweig; in den nicht schlingenden Stengeln abortirt sie. Aus dem Blatte treten 3 Stränge in den Stengel ein (z. B. II, 1, a, b, c), deren Spurweite am entwickelten Stengel im eigenen Internodium 120—131°, zuweilen auch noch weniger beträgt. Aus den Axillargebilden kommen mehrere Stränge (II, 1, v, x), von denen die eine Hälfte auf die rechte, die andere auf die linke Seite vom Medianstrange sich begibt. Jede dieser beiden Stranggruppen kann entweder schon im Knoten, oder nachdem sie vorher durch einen Theil des Internodiums nebenläufig gegangen ist, zu einem einzigen Strang verschmelzen. Wir haben somit nun 5 Stränge, die den seitlichen Organen eines Knotens entsprechen, 3 Foliar- und 2 Axillarstränge.

Der Medianstrang setzt sich meistens an denjenigen der 3. untern Blattspur an (z. B. II, 2, 9 a an 6 a, 10 a an 7 a etc.). Die Vereinigung geschieht zwischen dem 4. und 7. untern Knoten, meistens im 5. oder 6. Knoten. — Dieses Verhalten ist für manche Sapindaceen typisch, obgleich es nicht immer statt hat. Dadurch enstehen in jedem Spross 3 Medianstrangsympodien, von denen sich auf der kathodischen Seite die in die Blattmitte eintretenden Stränge abzweigen. In den 3kantigen Stengeln, wo die Blattstellung im entwickelten Zustande, nach der

äussern Blattspur gemessen, $^1/_3$ beträgt, haben die Sympodien einen verticalen Verlauf, in den 5 und 6kantigen Stengeln mit grösserer Divergenz dagegen einen schiefen, mit der Blattspirale homodromen Verlauf.

Wenn die Medianstränge 3 Sympodien darstellen, so bildet das freie Ende eines jeden Stranges mit dem ihm angehörigen Stück des Sympodiums einen stumpfen Winkel. Würde der Verlauf der Sympodien als senkrecht angenommen, so betrüge die Blattdivergenz genau 120°. Würden dagegen die freien Enden der Medianstränge (die Abzweigungen der Sympodien) als vertical betrachtet, so wäre die Divergenz etwas grösser. In diesem Falle, so wie in allen andern, wo die Medianstränge keine Sympodien bilden, würde (ihr verticaler Verlauf durch je die 3 obersten Internodien vorausgesetzt) die Blattdivergenz zwischen 124 und 134° schwanken.

Von einem senkrechten Verlauf der Medianstränge kann aber bei den Sapindaceen ebenso wenig die Rede sein, als bei den übrigen Dicotyledonen; derselbe ist nicht einmal gerade. Abgesehen davon dass, wie vorhin erwähnt, die zu Sympodien verketteten Stränge kniartig gebogen sind, biegen sie sich auch hin und her; so dass die Abstände zwischen den Mediansträngen zweier successiver Blattspuren in ihrem Verlauf nach unten stetig ab- und zunehmen. — Mit der Stellung der Blattanlagen (in der Terminalknospe) stimmt die Anordnung der Medianstränge (man mag einen kürzeren oder längeren Abschnitt derselben berücksichtigen) nie in der Art überein, dass der Abstand dort und hier der nämliche wäre. Die Divergenz der innern Blattspur ist um 3 bis 15° geringer als diejenige, in welcher die jüngsten Blattanlagen sichtbar werden. Mit andern Worten, wenn durch die Anlageblattstellung die senkrechte Richtung in einem Spross bestimmt wird, so weicht die innere Blattspur von der Verticalen je auf die Länge eines Internodiums kathodisch um 3—15° ab. Die Medianstränge haben also, im Vergleich zur Anlageblattstellung, immer einen schiefen, und zwar mit der Blattspirale homodromen Verlauf.

Ebensowenig stimmt, wenige Ausnahmen abgerechnet, die innere Blattspur mit der äusseren überein. Gewöhnlich weicht sie, auf ihrem Verlaufe von oben nach unten, kathodisch von derselben ab. Da die Medianstränge meistens innerhalb der Stengelkanten liegen, so wird der eben angeführte Widerspruch nur dadurch möglich, dass die Stränge aus einer Kante in die andere übertreten. In der That beobachtet man diess nicht selten an den Knoten. Ein Medianstrang verlässt die Stengelkante, in welcher er z. B. durch 3 Internodien herabgestiegen ist, und begibt sich in die kathodischer Seits zunächstliegende, um in dieser wieder eine Strecke weit abwärts zu gehen.

Der Verlauf der seitlichen Blattspurstränge hängt von der Divergenz der Blätter am entwickelten Zweig und von der Weite der Blattspur ab. Meistens verschmilzt der kathodische Foliarstrang schon am nächst untern Knoten mit dessen anodischem Foliarstrang (II, 1, 2, b mit c). Zuweilen indessen erreicht er ihn nicht, sondern läuft herwärts von demselben (auf der anodischen Seite) herunter (VIII, z neben r, p neben h etc.). — Der anodische Foliarstrang tritt gewöhnlich am 2. untern Knoten zwischen dessen Blattspur ein, und zwar zwischen

den kathodisch-lateralen und den medianen Blattstrang (I, 1, p zwischen h und g etc.; II, 2, c zwischen b und a), und verbindet sich mit dem dortigen kathodischen Axillarstrang (II, 1). Er kann auch mit dem 2. untern kathodischen Foliarsrang verschmelzen oder kathodischer Seits neben demselben hinabsteigen. — Die Axillarstränge begleiten den Medianstrang rechts und links auf einer längeren oder kürzeren Strecke, und setzen sich zuletzt meistens an denselben an (II, 1, v, x).

Die 3strängige Blattspur ist also mit der 1. untern vereint und mit der 2. verschränktläufig, oder mit der 1. und 2. vereintläufig, oder erst mit der 3. verschränkt.

Das bisher Gesagte bezieht sich auf den Verlauf der Spurstränge, wie derselbe in seiner Projection auf eine Cylinderoberfläche erscheint. Betrachten wir ferner ihre absteigende Richtung auf einer radialen Ebene, so sind die Stränge eines Stengeldurchschnittes nie gleichweit vom Centrum entfernt, auch wenn sie sich alle in dem allgemeinen Cambiumring befinden (IV, 5; V, 10); und dem entsprechend bleibt, wenn der nämliche Strang in seinem Verlaufe von oben nach unten verfolgt wird, auch sein Abstand vom Mittelpunkt nicht der gleiche. Die Stränge haben also nicht eine radialsenkrechte, sondern radialschiefe Richtung und zwar geht dieselbe ganz allgemein von oben und aussen nach unten und innen. Am wenigsten deutlich ist diese Erscheinung in den Stengeln, denen die besondern Holzringe mangeln. Doch sehen wir auch hier, dass der Cambiumring des noch unverholzten Zweiges oder die innere Fläche des Holzrings älterer Zweige mehr oder weniger merkliche Ausfaltungen bildet, dass diese Ausfaltungen da, wo sie den aus dem Blatte eintretenden Strang aufnehmen, am stärksten sind, nach unten allmählich schwächer werden und zuletzt sich verlieren. — Am deutlichsten ist der radialschiefe Verlauf in den Stengeln mit besondern Holzringen. Hier können 3 verschiedene Abstände vom Stengelcentrum unterschieden werden: die äussere Seite eines besondern Ringes, dessen innere Seite und der allgemeine Holzring. Die in den Stengel eintretenden Blattspurstränge befinden sich meistens jeder einzelne zuerst eine Strecke weit an der äussern Seite eines besondern Ringes, dann eine Strecke weit an der innern Seite eines solchen, und endlich treten sie in den allgemeinen Ring ein. — Die beiden Axillarstränge dringen von Anfang an tiefer in den Stengel ein; sie liegen zuerst an der innern Seite eines besondern Holzringes und weiter unten im allgemeinen Ring.

Die besondern Holzringe ausserhalb des allgemeinen entstehen, wie ich früher ausgeführt habe, immer da, wo die Gefässstränge sehr ungleich weit vom Centrum abstehen, und namentlich dann, wenn sie in radialer Richtung genau hinter einander zu liegen kommen. Desswegen zeigen diejenigen Kanten eines Internodiums, welche den seitlichen Blattsträngen der eigenen Spur entsprechen, die meiste Neigung zu jener abnormalen Bildung; denn diese Stränge haben unmittelbar nach ihrem Eintritt in den Stengel die am meisten excentrische Lage. Ein solcher besonderer Holzring kann schon nach einem Internodium sich wieder mit dem allgemeinen vereinigen: er kann auch so weit hinabsteigen bis er wie-

der auf einen in den Stengel eintretenden seitlichen Blattstrang trifft, welcher seine weitere Fortsetzung nach unten vermittelt.

Die Medianstränge sind viel weniger geeignet, besondere Holzringe zu bilden, denn ihr Abstand vom Stengelcentrum ist zuweilen merklich geringer, und wenn er gleich gross ist, so liegen die innern Stränge (Axillarstränge) rechts und links (nicht auf dem gleichen Radius). Die Axillarstränge haben einen tangentialschiefen Verlauf und convergiren nach unten; wenn sie in radialer Richtung nur wenig von dem Medianstrang, den sie zwischen sich fassen, abstehen, so legen sie sich an denselben an. Ist aber der Abstand grösser, so legen sie sich an einander an und kommen so genau innerhalb des eigenen Medianstranges zu liegen. Hier bildet sich nun ein besonderer Holzring, obgleich möglicher Weise die Stränge, wegen ihres radialschiefen Verlaufes, weniger weit vom Stengelcentrum entfernt sind als weiter oben. Der Medianstrang zeigt daher oft die merkwürdige Erscheinung, dass er nach seinem Eintritt in den Stengel zuerst durch ½ bis 2 Internodien in einer Ausfaltung des allgemeinen Holzringes und von da an abwärts in einem besondern Ringe hinabsteigt. Er kann auch von dem Punkte an, wo er aus dem Blatt in den Stengel eintritt, einen besondern Holzring bilden, was namentlich dann statt hat, wenn er weiter vom Mittelpunkt abliegt als die lateralen Foliarstränge.

Für den Spurstrangverlauf besteht also die Verschiedenheit zwischen Stengeln, die bloss einen allgemeinen Holzring, und solchen, die ausserdem besondere Holzringe besitzen, vorzüglich darin, dass zwei Stränge, die dort vereintläufig sind, hier getrenntläufig hinter einander liegen, der eine an der äussern, der andere an der innern Seite eines besondern Ringes, oder der eine an der innern Seite des besondern, der andere im allgemeinen Holzring.

Die aufeinander folgenden Blattspuren eines Zweiges stimmen öfter rücksichtlich der Bildung von besondern Holzringen nicht mit einander überein. Man findet daher Zweige, deren successive Internodien ungleich viele besondere Holzringe zeigen, auch solche, wo die einen Internodien diese Bildung haben, die andern nicht. Auch die beiden lateralen Foliarstränge der gleichen Spur können sich ungleich verhalten, so dass der eine einen besondern Holzring, der andere nur eine Ausfaltung des allgemeinen erzeugt.

Diese verschiedenen Verhältnisse bewirken eine grosse Mannigfaltigkeit im Bau des Sapindaceenstengels. Es giebt schlingende Pflanzen, deren Zweige bloss einen allgemeinen Holzring besitzen, — Zweige, die streckenweise einen einzigen, einem lateralen Foliarstrang entsprechenden, besondern Ring zeigen, — solche, die in ihrer ganzen Länge bald keinen, bald 1 oder 2 besondere Ringe enthalten, oder an denen Internodien mit 1 und mit 2 solchen Ringen, die ebenfalls seitlichen Blattsträngen angehören, mit einander abwechseln, — Zweige, die ihrer ganzen Länge nach 3 besondere Holzringe, durch die seitlichen Foliarstränge gebildet, besitzen, — endlich solche mit 4 und mehr besondern Ringen, deren Zahl in den successiven Internodien wechselt, und die sowohl durch die lateralen als die Medianstränge gebildet werden.

Wenn ein besonderer Holzring nach oben oder nach unten endigt, so ver-

einigt er sich immer mit dem allgemeinen Holzring, setzt sich dabei aber zuweilen noch eine Strecke weit als Ausfaltung desselben fort. Ueberdem öffnen sich die besondern Ringe auch noch an manchen Knoten, die sie berühren, in den allgemeinen. Wenn diess geschieht, so können sie daselbst auch mit benachbarten besondern Holzringen sich vereinigen, so dass zwei obere sich in einen untern, oder zwei untere sich in einen obern fortsetzen. Treten diese Vereinigungen häufig ein, so können die besondern Holzringe eines Zweiges ein Netz mit langgezogenen schmalen Maschen darstellen.

Der Längsverlauf der besondern Holzringe lässt sich wohl am natürlichsten und am anschaulichsten darstellen, wenn man sie, wie ich es bisher gethan habe, als von den an ihrer äussern Seite herabsteigenden Spursträngen erzeugt betrachtet. Ein Foliarstrang bildet nach seinem Eintritt in den Stengel mit andern Strängen höherer Blattspuren einen besondern Ring, welcher unverändert an einem oder an zwei Knoten vorbei nach unten geht, bis er in die Nähe eines in den Stengel eintretenden Blattstranges kommt. Er öffnet sich nun nicht bloss nach aussen um diesen Strang aufzunehmen, sondern in der Regel auch nach innen und vereinigt sich mit dem allgemeinen Holzring. Diese Vereinigung, die in Form einer Ausfaltung des letztern auftritt, beschränkt sich aber auf eine kurze Strecke im Knoten selber; unterhalb desselben schliesst sich die Ausfaltung wieder zu einem besondern Ring. An dieser Stelle hat der besondere Ring einen neuen Strang von aussen erhalten; zugleich sind gewöhnlich ein oder zwei Stränge von der äussern auf die innere Seite übergetreten, und ein oder zwei Stränge, die weiter oben an der innern Seite des besondern Ringes sich befanden, sind in dem allgemeinen Ring zurückgeblieben.

Auf diese Weise kann sich ein besonderer Holzring bilden, welcher längs des ganzen Zweiges oder Stengels verläuft, und in regelmässigen Intervallen sich in den allgemeinen Ring öffnet und daselbst seine Stränge wechselt.

Zuweilen treffen zwei von oben kommende besondere Holzringe auf einen in den Stengel eintretenden Blattstrang. Sie verschmelzen beide mit dem allgemeinen Ring, und reconstruiren sich unterhalb wieder als zwei besondere Ringe; oder ihre Stränge vereinigen sich, nachdem sie einen Theil abgegeben und den eintretenden Foliarstrang aufgenommen haben, zu einem einzigen besonderen Ring, so dass dieser als die Fortsetzung von zwei oberen erscheint. — Zuweilen theilen sich die Stränge eines oberen Ringes sammt dem neu hinzugekommenen in zwei Partieen, und bilden unterhalb des Knotens zwei besondere Ringe, welche die Fortsetzung eines einzigen obern darstellen.

Da an einem Knoten 3 Foliarstränge eintreten, so können daselbst unter Umständen 2, 3 und 4 besondere Ringe mit dem allgemeinen sich vereinigen und unterhalb wieder sich in gleicher oder ungleicher Zahl fortsetzen. Dabei gruppiren sich oft die Stränge anders zusammen; der eine oder andere tritt aus einem besonderen Ring in den andern über; die Stränge eines von oben kommenden und nicht nach unten sich fortsetzenden besonderen Ringes vertheilen sich an die beiden benachbarten Ringe, oder 2 von oben kommende besondere

Ringe geben Stränge ab, um unter dem Knoten einen neuen Ring zwischen sich zu bilden.

Bei den Dicotyledonen entwickeln sich gewöhnlich die Spurstränge von oben nach unten, indem die ersten Gefässe an der Blattbasis sichtbar werden und die jüngsten Stränge nach unten blind endigen (ehe sie diejenigen erreicht haben, an welche sie sich anlegen sollen). Diess hat indess nicht überall statt, und es machen z. B. die Begoniaceen eine entschiedene Ausnahme, bei denen die Spurstränge von unten nach oben sich verlängern, um bei der Blattbasis angelangt in dieselbe auszubiegen. Die Sapindaceen verhalten sich wie die Mehrzahl der Dicotyledonen. Wenn die Anordnung der Spurstränge auf successiven Querschnitten durch die Stammspitze verfolgt wird, so beobachtet man häufig, dass dieselben nach unten hin schwächer werden, und an einzelnen sieht man, dass sie oben 2 oder 3 nebeneinander liegende Gefässe, weiter abwärts nur 1 Gefäss enthalten, und noch tiefer bloss aus einem Cambiumstrang bestehen. Entsprechend dieser Thatsache ist es eine allgemeine Erscheinung, dass die Zahl der Spiralgefässe in einem Spurstrang von oben nach unten hin an Zahl abnimmt, und dass ebenso das dieselben begleitende Cambiformbündel kleiner wird. In einzelnen Fällen wurde selbst beobachtet, dass ein lateraler Foliarstrang im 3., 4. oder 5. untern Internodium seine Spiralgefässe und sein Cambiformbündel gänzlich verloren hatte und bloss noch aus 1—2 porösen Gefässen bestand.

Rücksichtlich des Wachsthums der Gefässstränge mache ich noch auf eine Erscheinung aufmerksam, welche bis jetzt, so viel mir bekannt ist, noch keine Berücksichtigung erfahren hat. Es ist die Drehung derselben um ihre Axe, so dass z. B. das Cambium hier westlich von den Spiralgefässen, etwas weiter nördlich und noch weiter östlich von denselben liegt. Diese Drehung scheint normal beim Eintritt der Stränge aus dem Blatt in den Stengel überall da vorzukommen, wo dieselben im Blattstiel in einen Kreis gestellt sind. Diejenigen, welche im Blattstiel auf der dem Stengel zugekehrten Seite liegen, haben ihre Spiralgefässe auf der demselben abgekehrten Seite; nach dem Eintritt in den Stengel aber haben sie die umgekehrte Lage, was sie durch eine Axendrehung von 180°, die nach bestimmten Regeln ausgeführt wird, erreichen.

Bei den Sapindaceen aber findet eine solche Drehung mit der Lageveränderung in den Holzringen statt. Die Blattspurstränge liegen anfänglich an der äusseren Seite eines besonderen Ringes und haben hier ihre Spiralgefässe auf der innern (dem Mittelpunkt des Stengels zugekehrten) Seite. Dann treten sie an die innere Seite des besonderen Holzrings, wo ihre Spiralgefässe auf der äussern Seite liegen; sie machen während dieser Wanderung eine halbe Axendrehung, und bleiben zuweilen eine Strecke weit in einer mittleren Stellung, wobei ihre Queraxe mit der Stengeloberfläche parallel ist. Endlich begeben sie sich von der innern Seite des besondern Holzringes in den allgemeinen Ring, wo sie wieder ihre Spiralgefässe auf der innern Seite haben; sie machen also zu diesem Behuf noch einmal eine halbe Axendrehung. Diese letztere Drehung kann der erstern entgegen gesetzt sein, oder sie kann mit ihr übereinstimmen; im letztern Falle

hat der Gefässstrang von der äussern Seite des besondern Ringes bis zur Ankunft in den allgemeinen eine ganze Drehung von 360° ausgeführt.

Die Resultate dieses Kapitels lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

1) Die Blattspirale hat bei allen Sapindaceen in dem Momente, in welchem die Blätter angelegt werden, eine constante Divergenz von nahezu 137°. Wenn sich später die Stengelkanten ausgebildet haben, und nach denselben der Abstand der Insertionen gemessen wird, so variirt er bei den verschiedenen Arten von 120° bis zu 144°.

2) An jedem Knoten treten 3 Foliarstränge und 2 Axillarstränge in den Stengel ein. Sie zeigen im Allgemeinen einen tangentialschiefen Verlauf, der von dem der Stengelkanten mehr oder weniger abweicht. Die Medianstränge haben die Neigung in 3 Sympodien sich zu vereinigen.

3) Die Spurstränge haben ferner einen radialschiefen Verlauf, indem sie von der Stelle, wo sie aus dem Blatte und dessen Axillargebilden in den Stengel eingetreten sind, bis da, wo sie sich an den Strang eines tiefern Knotens ansetzen, sich mehr und mehr von der Stengeloberfläche entfernen. Demgemäss liegt ein Strang häufig in einer oben stärker nach aussen vorspringenden, abwärts sich verlierenden Ausfaltung des allgemeinen Holzringes; manchmal auch befindet er sich oben an der äussern, unten an der innern Seite eines besondern Ringes und noch weiter abwärts im allgemeinen Ring.

4) Der Längsverlauf der besondern Holzringe sowie der Falten des allgemeinen Ringes und der Uebergang der einen in die andern wird durch den Längsverlauf der Gefässstränge bedingt. In der Regel bleibt ein besonderer Ring, den man nach oben oder unten verfolgt, intact und unverändert, bis er eine Blattinsertion antrifft. Dort öffnet er sich in den allgemeinen Ring, wobei die Stränge ihre gegenseitige Lage wechseln, und er setzt sich jenseits des Knotens als besonderer Ring oder als Falte fort.

5) Die Blattspurstränge der Sapindaceen werden, wie diejenigen der meisten Dicotyledonen, von oben nach unten ausgebildet, woraus folgt, dass die abrollbaren Gefässe in einem Strang abwärts sich vermindern und manchmal auch ganz aufhören.

6) Der Umstand, dass der nämliche Gefässstrang während seines Verlaufes die Stellung in dem besondern und dem allgemeinen Ring verändert, hat zur Folge, dass auch seine Theile eine andere gegenseitige Lage annehmen, und dass die abrollbaren Gefässe bald auf der innern, bald auf der äussern, bald auf der rechten oder linken Seite liegen. Diese Drehung des Stranges um seine eigene Axe erfolgt nach constanten Regeln.

---

5. Anordnung der Gefässstränge und Bildung der Holzringe bei einzelnen Arten.

Cardiospermum inflatum *Arrab.*

(Taf. I.)

Laubtriebe (Schlingpflanze im bot. Garten zu München). Die Stengel haben 6 vorspringende Kanten. Nach dem Verlaufe derselben scheint die Divergenz auf den ersten Blick $1/3$ zu sein. Bei genauerer Untersuchung findet man aber, dass die Kanten nicht gleich stark entwickelt und nicht gleich weit abstehend sind, und dass desswegen manche Internodien ebensowohl als 5 kantig bezeichnet werden könnten. Ferner setzen sich nicht alle Kanten von einem Internodium auf das nächstfolgende fort; mitten auf ein Blatt und somit auf die von demselben herabsteigende Medianrippe trifft nämlich nicht eine Rippe des oberen Internodiums, sondern eine Furche desselben, welche von einem Paar von Rippen eingefasst ist. Die eine der letztern und zwar die kathodische ist die Medianrippe des drittoberen Blattes. Darnach lässt sich die Divergenz der Blattspirale am entwickelten Stengel, der senkrechte Verlauf der Kanten vorausgesetzt, ziemlich genau bestimmen, indem man die Messungen der Abstände zwischen den verschiedenen Kanten auf Querschnitten zu Hilfe nimmt. Wenn n den Abstand jenes Kantenpaares über einer Blattinsertion bezeichnet, so ist die Divergenz in Graden $= \frac{360 + 1/2 n}{3}$, was 129° bis 130° gibt

In der Terminalknospe ist die Divergenz der Blätter grösser. In einem Fall betrug sie, als Mittel der 9 obersten Insertionen berechnet, 136°. Es findet daher von diesem Zustande bis dahin, wo die Stengelkanten ausgebildet sind, eine Drehung statt, welche für jedes Internodium 6—7° beträgt.

In jedes Blatt treten aus dem Stengel 3 Stränge ein, (Fig. 1, a b c, d e f, g h i, k l m, n o p, q r s, t u v, x y z, $\alpha \beta \gamma$), von denen der mittlere zuerst entsteht. Man trifft daher zuweilen in dem zweitobersten gefässführenden Internodium der Stengelspitze 4 Stränge, 3 für das eigene und 1 (medianen) für das nächstobere Blatt (Fig. 1, α, β, γ, δ).

Der Medianstrang der Blattspur (Fig. 1, a, d, g, k, n, q, t, x, α, δ) steigt durch 5 Stengelinternodien hinab, und vereinigt sich am 5. untern Knoten mit dem Medianstrang des 3. untern Blattes (Fig. 1, q mit g, t mit k, x mit n, α mit q, δ mit t). Von dem 3. Knoten an begleitet er den letztern in geringer Entfernung (z. B. q neben g), und die Vereinigung mit demselben kann schon ziemlich über dem 5. Knoten, sie kann aber auch erst tiefer erfolgen.

Diese Vereinigungen der Medianstränge beweisen ihren schiefen Verlauf. Wenn wir uns dieselben allein vorhanden und die Lateralstränge wegdenken, so haben wir in dem Stengel von Cardiospermum 3 sympodiale Bündel mit einseitiger (auf der kathodischen Seite befindlicher) Abzweigung der in die Blätter eintretenden Bündel. Wenn wir annehmen dürften, diese 3 sympodialen Stränge hätten eine verticale Richtung, so betrüge die Divergenz zweier auf einander folgender

Blätter genau 120°. Würde dagegen der Verlauf jedes Medianstranges durch die 3 ersten Internodien (von seinem Eintritte in den Stengel gezählt) als senkrecht vorausgesetzt, so wäre die Divergenz der Blattspirale $124^2/_3$—125°. Der Verlauf der Mediansträge weicht in den 3 ersten Internodien (nach ihrem Eintritt in den Stengel) von der Knospenblattstellung um $11-11^2/_3$° für jedes Internodium und in den Sympodien um 16° für jedes Internodium ab; diese Abweichungen finden nach der kathodischen Seite statt. — Wird die äussere Blattspur des entwickelten Stengels als senkrecht angenommen, so zeigt der Verlauf der Medianstränge je in den 3 ersten Internodien für jedes Internodium eine Differenz von durchschnittlich 5° von der Verticalen; die ganzen Sympodien aber divergiren um 9—10° per Internodium.

Ausser der schiefen Richtung haben die Stränge und ihre Sympodien auf der tangentialen Ebene auch einen krummlinigen Verlauf. Die Nothwendigkeit davon ergiebt sich schon aus dem Umstande, dass ein n. Strang sich am n—5. Knoten an den n—3. Strang ansetzt. Er lässt sich aber auch durch Messungen direkt nachweisen. Der krummlinige Verlauf der Medianstränge und ihrer Sympodien ist schlangenförmig, indem sie je zwei Internodien lang nach rechts, zwei folgende nach links ausbiegen. Die Ausbiegung in den zwei ersten Internodien (nach dem Eintritt in den Stengel) ist immer anodisch.

Für den Verlauf des Medianstranges gibt es von der angeführten Regel einige Ausnahmen. Die erste derselben, welche, wie es scheint, nicht selten eintritt, verhält sich folgender Massen. Der Medianstrang begleitet denjenigen des 3. untern Blattes durch 3 Internodien ohne sich anzusetzen, und verlässt ihn am 6. untern Knoten, um neben dem anodisch-lateralen Strang dieses letzteren hinzuziehen, und sich schliesslich (meist nach einem Internodium) mit ihm zu vereinigen. Zuweilen theilt sich der Medianstrang am 6. untern Knoten in zwei Schenkel, wobei das normale und das eben geschilderte Verhalten vereinigt werden. Auf diese Weise verhält sich Fig. 3, wo t, statt wie in Fig. 1 ganz mit k sich zu vereinigen, nur ein schwaches Bündel an k abgibt und sich mit seiner grössern Masse zu c wendet. — Eine zweite Ausnahme besteht darin, dass der Medianstrang, nachdem er, wie eben angegeben, sich zu dem anodisch-lateralen des 6. untern Blattes gewendet hat, denselben durch zwei Internodien begleitet, sich im 8. Knoten wieder von ihm entfernt, von da an neben dem kathodisch-lateralen des 8. untern Blattes hinzieht, und schliesslich sich mit demselben vereinigt. So verhält es sich mit α in Fig 2; dieser Strang entspricht α in Fig. 1; er hat sich über dem Knoten g h i, statt mit q zu verschmelzen, neben i begeben, und tritt am Knoten a b c zu b. — Eine dritte Ausnahme im Verlaufe des Medianstranges kommt selten vor. Nachdem derselbe den 3. untern Medianen durch drei Internodien begleitet hat, wendet er sich von demselben ab und greift über den 6. untern anodisch-lateralen hinaus, so dass er zwischen demselben und dem 2. untern kathodisch-lateralen sich befindet. Er vereinigt sich wie bei der ersten Ausnahme mit dem 6. untern anodisch-lateralen; aber er tritt an denselben von der anodischen, statt von der kathodischen Seite heran (Fig. 2, t; vgl. mit t in Fig. 1 und 3).

Diese Ausnahmen unterscheiden sich dadurch von der Regel, 1) dass die Medianstränge sich nicht aneinander, sondern an laterale ansetzen und somit keine Sympodien bilden; 2) dass die Abweichung der innern Blattspur von der äussern geringer ist. Beim ersten und dritten Ausnahmsfall wäre nämlich bei vertikalem Verlauf der Medianstränge die Divergenz der Blattspirale $130^1/_3{}^0$ bis 131^0, also nur um 1^0 grösser als die aus der äussern Blattspur berechnete Divergenz. Beim zweiten Ausnahmsfall betrüge sie ungefähr 125^0.

Der kathodische Lateralstrang (Fig. 1, b, e, h, l. o, r, u, y, β) geht durch sein Internodium, und setzt sich zuweilen schon am nächsten Knoten an dessen anodisch-lateralen an. Gewöhnlich aber läuft er erst durch ein Internodium neben demselben hin, und vereinigt sich mit ihm über dem zweiten Knoten (z. B. h mit f, l mit i, o mit m etc.)

Der anodische Lateralstrang (Fig. 1, c, f, i, m, p, s, v, z, γ) steigt durch 2 Internodien hinab, tritt am 2. untern Knoten an dessen Medianstrang heran, begleitet denselben durch 2 folgende Internodien, um über dem 4. Knoten mit ihm zu verschmelzen (p mit g, s mit k, v mit n, z mit q, γ mit t). Diese Vereinigung tritt zuweilen unter dem 4., andere Male erst über dem 5. Knoten ein.

Die Spurweite beträgt im eigenen Internodium durchschnittlich $128^1/_5{}^0$, im 1. untern $126^7/_{10}{}^0$, im 2. untern $142^3/_5{}^0$ und im 3. untern $141^1/_5{}^0$.

Die Internodien sind, wie bereits bemerkt, 6kantig mit etwas ungleichen Kanten (Fig. 4, 6, 7). Innerhalb jeder derselben liegt ein Strang oder eine Gruppe von 2—3 Strängen, unmittelbar unter einem Knoten auch von 4—5; sind deren 3 vorhanden, so ist der mittlere immer der stärkere Diese Stränge sind für die entsprechenden Kanten aller Internodien constant dieselben. Beginnen wir mit der vom Rücken des eigenen Blattes herabsteigenden Kante und gehen von da anodisch herum, so finden wir:

A. unter der ersten oder Rückenkante den eigenen Medianstrang (Fig. 4, a; 6, a; 7, d); derselbe ist kathodischer Seits von dem 2. obern anodisch-lateralen (4, i; 6, i, 7, m) und anodischer Seits von dem 3. obern medianen begleitet (4, k; 6, k; 7, n).

B. unter der 2. Kante den eigenen anodisch-lateralen Strang (Fig. 4, c; 6, c; 7, f), und anodischer Seits von demselben den 1. oberen kathodisch-lateralen (4, e; 6, e; 7, h). Letzterer kann auch mit dem ersteren verschmolzen sein. Zuweilen kommt kathodischer Seits der 6. obere Medianstrang hinzu (die früher erwähnte erste und zweite Ausnahme für den Verlauf der Medianstränge); sehr selten liegt derselbe anodischer Seits (die dritte Ausnahme; Fig. 4, t).

C. unter der dritten Kante den 1. obern Medianstrang (Fig. 4, d; 6, d; 7, g), welcher kathodischer Seits vom 3. obern anodisch-lateralen (4, m; 6, m; 7, p), und anodischer Seits vom 4. obern medianen (4, n; 6, n; 7, q) begleitet ist; die beiden erstern, oder auch alle drei, können miteinander vereinigt sein.

D. unter der 4. Kante den 1. obern anodisch-lateralen Strang allein (Fig 4, f; 6, f; 7, i); selten ist derselbe auf der kathodischen Seite von einem kleinern Strang begleitet, der wohl immer der 7. obere mediane mit exceptionellem Ver-

lauf ist (6, x; 7, α); zuweilen befindet sich anodischer Seits der 2. obere kathodisch-laterale als gesonderter Strang

E. unter der 5. Kante den 2. obern Medianen (Fig. 4, g; 6, g; 7, k); derselbe ist kathodischer Seits von dem 4. obern anodisch-lateralen, und anodischer Seits von dem 5. obern Medianen (7, t) begleitet. Häufig ist der eine oder andere dieser beiden Stränge oder auch alle zwei mit dem erstern verschmolzen.

F. unter der 6. Kante den eigenen kathodisch-lateralen Strang allein (Fig. 4, b; 6, b; 7, e). Selten befindet sich auf der anodischen Seite der 8 obere Medianstrang (bei ganz ausnahmsweisem Verlauf des letztern; Fig. 6, α; vgl. Fig. 2).

Von den Axillargebilden steht die Ranke gewöhnlich auf der kathodischen, der Laubzweig auf der anodischen Seite; doch gibt es hievon einzelne Ausnahmen. An einem Aste fand ich z. B. regelmässig je in 2 Blattachseln die gewöhnliche und in der dritten die umgekehrte Stellung; so dass an 9 aufeinanderfolgenden Knoten die Ranke folgende Lage zeigte: k, k, a, k, k, a, k, k, a.

An der Basis der Ranke treten meist 6 Gefässstränge in den Stengel ein (Fig. 2, R), von denen bei der gewöhnlichen Stellung der Ranke 3 auf der kathodischen Seite des Medianstranges bleiben, sich mit einigen Strängen der Axillarknospe (Fig. 2, A) vereinigen, und sich schon oben im Stengelinternodium an den den Medianen begleitenden Strang ansetzen (nämlich an den anodisch-lateralen des 2. obern Blattes i in Fig. 2). Die 3 andern Rankenstränge begeben sich auf die anodische Seite des Medianstranges, verschmelzen hier zuerst mit den andern Strängen der Axillarknospe zu einem einzigen, und setzen sich dann ebenfalls schon oben im Stengelinternodium an den Strang an, welcher anodischer Seits neben dem Medianen liegt (an den 3. obern Medianen, k in Fig. 2). Ob immer von den 6 Rankensträngen 3 auf die anodische Seite hinübertreten, weiss ich nicht. Jedenfalls aber sammeln sich die Stränge der Ranke und des Laubzweiges ohne Ausnahme in 2 Axillarbündel, die rechts und links von dem Medianstrang liegen, und sich in der angegebenen Weise anlegen (Fig. 1, im Knoten a b c und d e f; Fig. 5, a x, a x; 7, a x).

Urvillea ferruginea *Lindl.* *)

(Taf. II, III.)

Laubtriebe im Weingeist. Die Stengel sind scharf-3kantig, nahe am Scheitel stumpfkantig (Fig. 5); die Blätter stehen abwechselnd auf den Flächen. Die Blattstellung hat daher im entwickelten Zustande eine Divergenz von genau $^1/_3$ oder 120°. — In der Terminalknospe steht das dritte Blatt jedoch nicht über dem Ausgangsblatt (vgl. Fig. 3, wo die auf einander folgenden Blattanlagen mit 12, 13, 14, 15 bezeichnet sind). Die Divergenz beträgt hier deutlich mehr als $^1/_3$ des Umfanges; sie wurde einmal als Mittel von 3 Abständen (zwischen den 4 obersten Blattanlagen) zu 135° berechnet, was der Stellung $^3/_8$ gleich wäre. Da

*) Unter diesem Namen aus dem Berliner und Pariser Garten erhalten. Serjania guaruminea Mart. aus dem Petersburger Garten ist die nämliche Pflanze.

indess das fernere Wachsthum des Stengels die Divergenzen vermindert, so ist es sehr wohl möglich, dass dieser Process bereits begonnen hatte, und dass daher die Divergenzen früher noch grösser waren und den gewöhnlichen von 137° nahe kamen.

Die äussere Blattspur (in den Stengelkanten) weicht von der ursprünglichen Blattstellung in der Terminalknospe um 15° für jedes Internodium ab. Wenn man die Blätter in diese ursprüngliche Stellung versetzt, so haben die Kanten einen schiefen, mit der Blattspirale homodromen Verlauf. In Fig. 7 sind auf der flachgelegten Stengeloberfläche die Blattinsertionen (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) mit der Divergenz $^3/_8$ angeordnet; die Linien b, c, d zeigen den Verlauf der Kanten. — Nun sind aber die Kanten in einiger Entfernung von der Spitze vertical. Es hat also eine Drehung des Stengels, antidrom zur Blattspirale, stattgefunden, welche immer von einem Knoten bis zum folgenden 15° ausmacht. — Weiter abwärts (an den sich verlängernden Internodien) zeigen die Kanten oft eine schraubenförmige Drehung, die von der frühern unabhängig ist. Bei südwestlicher Blattspirale wurde südwestliche und südöstliche, bei südöstlicher Blattspirale ebenfalls südwestliche und südöstliche Drehung der Kanten beobachtet.

Von den 3 Blattspursträngen geht der mediane (Fig. 2, a, a, a) mitten an einer Seite des 3kantigen Stengels durch 5 ganze Internodien nach unten, und vereinigt sich dann im 5. untern mit dem Medianstrang des 3. untern Blattes (11 a mit 8 a, 10 a mit 7 a, 9 a mit 6 a etc.). Oben im 3. untern Internodium beträgt sein Abstand von dem dortigen Medianstrang 27—33°. Daraus ergibt sich, dass der Verlauf der innern Blattspur weder mit der Blattstellung in der Knospe noch mit der Blattstellung und der äussern Blattspur an dem entwickelten Stengel übereinstimmt. In der Knospe beträgt die Divergenz 135°, am entwickelten Stengel 120°; die Divergenz, gemessen durch die Medianstränge an der erwähnten Stelle, wäre $\frac{360 + 27}{3} = 129°$ oder $\frac{360 + 33}{3} = 131°$. Der Medianstrang weicht also durch die 3 ersten Internodien auf jedes einzelne im Mittel berechnet, von der Blattstellung in der Knospe um 5°, von den Stengelkanten um 10° ab. Die schiefe Neigung der Medianstränge ist mit der Blattspirale und der äussern Blattspur homodrom; sie haben übrigens einen krummlinigen Verlauf, indem sie bis dahin, wo sie sich ansetzen, ein S bilden (Fig. 2).

Der kathodische Lateralstrang (Fig. 2, b, b, b) geht innerhalb einer Stengelkante durch ein Internodium und vereinigt sich im nächsten Knoten mit dessen anodischem Lateralstrang (11 b mit 10 c, 10 b mit 9 c etc.).

Der anodische Lateralstrang (Fig. 2, c, c, c) geht innerhalb einer andern Stengelkante durch 2 Internodien und spaltet sich im 2. Knoten in 2 Schenkel (n, o in Fig. 1 und 2). Der eine derselben (o) wendet sich, anodisch abbiegend, gegen die Mitte der Seite, an welcher das 2. untere Blatt steht, dessen Medianstrang er durch 2—3 Internodien begleitet und dann sich mit ihm vereinigt. Der andere (n) bleibt innerhalb der nämlichen Stengelkante, und vereinigt sich nach 3 Internodien mit dem homologen Schenkel des anodischen Lateralstranges vom 3. untern Blatt.

Die Blattspur, welche eine Seite des 3kantigen und gleichseitigen Stengels einnimmt (Fig. 5, a b c), hat durch die 2 nächsten Internodien eine Weite von ziemlich genau 120°. Weiter abwärts zeigt sie, wenn wir von dem äussern kleinern Schenkel des anodischen Lateralstranges absehen, und die Stränge im Uebrigen in ihrer Vereintläufigkeit mit andern verfolgen, abwechselnd etwelche Erweiterungen und Verengerungen, behält aber im Ganzen die nämliche Spurweite. Durch 6 Internodien haben die beiden Lateralstränge einen schiefen Verlauf; ihre Abweichung von den Stengelkanten beträgt auf diese ganze Länge 90°, was auf jedes Internodium im Mittel 15° ausmacht. Von da abwärts gehen sie mit den Stengelkanten parallel.

Im Winkel des Blattes steht ein rankenartiger Zweig und eine Laubknospe, jener auf der kathodischen, diese auf der anodischen Seite. In Fig. 4 sind die Blattbasis (t), die eine Stipula (u), die Ranke (v) und die Laubknospe (x) mit einander verwachsen. Aus der Ranke treten 4 (Fig. 1, v), aus der Knospe 3 Stränge (x) in den Stengel ein, und zwar zwischen den medianen und die lateralen Foliarstränge, näher dem erstern. Zwei Rankenstränge bleiben auf der Kathodalseite des Medianstranges; sie vereinigen sich etwas unter der Mitte des Internodiums mit dem anodischen Lateralstrang des 2. obern Blattes (o) und gegen den Grund des Internodiums mit dem Medianstrang. Die zwei andern Rankenstränge treten auf die Anodalseite des Medianstranges über, und treffen hier mit den 3 Knospensträngen (x) zusammen. Einer der letztern vereinigt sich sogleich mit einem der Rankenstränge, die beiden andern vereinigen sich bald darauf unter einander. Es bleiben somit 3 Stränge übrig, welche unter der Mitte des Internodiums erst unter einander und gegen die Basis desselben mit dem Medianstrang verschmelzen.

Beim Eintritt in die Blattbasis finden an den 3 Spursträngen wiederholte Theilungen und Anastomosen statt. Der Querschnitt durch den untersten Theil des Blattstieles zeigt 8 deutliche Stränge (Fig. 9 und 10); davon sind 6 durch Cambium in einen Ring vereinigt, nämlich ein medianer hinterer (k), 2 laterale hintere (je 1 rechts und links von dem medianen, l und m), ein medianer vorderer (p) und 2 laterale vordere (n und o). Ausserdem befinden sich auf der vordern Seite zwischen dem medianen und den beiden lateralen 2 ausserhalb des Cambiums in der Rinde liegende (extraannuläre) Stränge (q und r). Von den genannten ist p der stärkste, k, l und m etwas schwächer, n und o ziemlich klein, q und r noch kleiner. Diese 8 Stränge zeigen folgende Beziehungen zu den 3 Spursträngen, die aus dem Stengel kommen (Fig. 9, a b c). Der mediane Spurstrang (a) theilt sich in 3 Schenkel, von denen der mittlere unmittelbar zum medianen hintern Strang des Blattstieles (k) wird. Jeder der beiden lateralen Spurstränge theilt sich in 2 Schenkel (b in f und g, c in h und i), von denen der äussere in das Nebenblatt eintritt (f, h). Der innere Schenkel des lateralen Spurstranges (g, i) vereinigt sich mit dem zugekehrten lateralen Schenkel des medianen in eine Masse (g mit d, i mit e), welche sich sogleich wieder in 2 Aeste theilt. Der äussere (von der Medianlinie abgekehrte) Ast theilt sich sehr bald in 2 Stränge, einen lateralen hintern (l, m) und einen lateralen vordern (n, o).

Der innere Ast spaltet sich etwas später in 2 Stränge; der äussere derselben ist ein extraannulärer (q, r); der innere vereinigt sich mit dem innern der andern Seite und bildet den medianen vordern Strang (p). Ausserdem sind zuweilen neben dem medianen hintern Strang in der Blattstielbasis noch 2 kleine Bündel sichtbar (Fig. 10, s, t), deren Vereinigung nach unten nicht verfolgt wurde; wahrscheinlich setzen sie sich an l und m an.

Von allen diesen Strängen entsteht zuerst der mediane Spurstrang, welcher noch ohne Verzweigung in den Rückennerv des Blattstiels geht (Fig. 9, ak), dann die beiden lateralen Spurstränge, welche ebenfalls noch unverästelt in die Nebenblätter eintreten (bf, ch). Erst etwas später bilden sich die von dem medianen und den lateralen Spursträngen abzweigenden Schenkel (g, d, e, i), die sich miteinander verbinden und die übrigen Stränge des Blattstieles erzeugen. — Der Querschnitt durch das abwärts zweite gefässführende Stengelglied zeigt zuweilen 4 Gefässstränge, 3 für das eigene, und einen medianen für das erstobere Blatt. Zuweilen findet man in dem zweiten gefässführenden Stengelglied bloss 2 Medianstränge für das eigene und das nächstobere Blatt, und im dritten 5 Stränge, indem zu den beiden ebengenannten noch die 3 Spurstränge des nächstuntern Blattes hinzukommen (in Fig. 6 sind a b c die 3 Stränge der eigenen Blattspur, f und l die medianen für das 1. und 2. obere Blatt.)

Die Spurstränge befinden sich nicht alle in dem allgemeinen Holzring; einzelne bleiben ausserhalb desselben, und bilden in den 3 Stengelkanten eben so viele besondere Holzringe (Fig. 5, cd, hi, bn; 12, hi). Die Rolle, die dabei die einzelnen Stränge spielen, ist sehr regelmässig und constant; in Fig. 1 und 2 sind die im allgemeinen Ring befindlichen Stränge ausgezogen, die an der äussern Seite der besondern Ringe punktirt, die an ihrer innern Seite liegenden gestrichelt. Die medianen (a in Fig. 1, 2, 4, 5) und die Axillarstränge (Fig 1, v, x; 5, p, q) treten unmittelbar in den allgemeinen Ring ein, und bleiben in demselben. Die beiden lateralen Stränge dagegen (b und c in Fig. 1, 2, 4, 5) verlaufen ausserhalb. Der kathodische (b in Fig. 1 und 2) geht durch ein Internodium an der äussern Seite des entsprechenden besondern Holzringes, um im nächsten Knoten mit dem anodischlateralen dieses Knotens (c) zu verschmelzen. Der anodische (c in Fig. 1 und 2) steigt durch 2 Internodien an der äussern Seite des betreffenden besondern Holzringes hinab. Von den beiden Schenkeln, in die er sich im 2. untern Knoten theilt, tritt der anodische (o) in den allgemeinen Holzring ein, um sich weiter unten mit dem Medianen (a) des 2. untern Blattes zu vereinigen. Der kathodische Schenkel dagegen (n) begibt sich auf die innere Seite des besondern Holzringes, an welchem der ganze Strang oberhalb seiner Theilung die äussere Seite einnimmt. Er verbleibt in dieser Lage durch 2 Internodien und vereinigt sich dann mit dem gleichbedeutenden Schenkel des anodischen Seitenstrangs vom 3. untern Blatt.

Der besondere Holzring, der innerhalb jeder Stengelkante liegt, besteht also aus 2 Strängen (b und n, c und d, h und i in Fig. 1 und 5), einem äussern und einem innern. Der äussere ist in 2 Stengelecken ein lateraler des nächsten

(Fig. 5, b und c), in der dritten Ecke ein anodisch-lateraler des erstobern Blattes (Fig. 5, h; vgl. Fig. 1). Der innere dagegen ist immer der Schenkel eines anodisch-lateralen Stranges, und zwar in einer Stengelecke vom 2. obern (n in Fig. 5 und 1), in der zweiten vom 3. obern (d) und in der dritten vom 4. obern Blatt (i).

Zwischen je zwei besondern Holzringen, also an jeder Stengelseite, befindet sich eine Gruppe von Gefässsträngen, welche nach der, durch die Blattstellung gegebenen Bedeutung der Stengelseite und nach der Entfernung des Querschnittes vom Knoten verschieden sich verhält. Dicht am Knoten ist die Seite, die dem nächsten Blatt entspricht, in ihrer ganzen Breite mit Strängen besetzt (Fig. 11, und Fig. 1 zwischen b und c); der mittlere davon zeichnet sich durch seine Grösse aus, es ist der mediane der eigenen Blattspur (a); rechts und links davon liegen die Axillarstränge (Fig. 11, p, q; Fig. 1, v, x); dann folgen einerseits der 3. obere mediane (Fig. 11, r; vgl. Fig. 1), anderseits ein Schenkel des 2. obern anodisch-lateralen Blattstranges (Fig. 11, o; Fig. 1, o). Tiefer im Internodium findet man die Axillarstränge meist in zwei Stränge vereinigt (Fig. 5, p, q); noch tiefer haben sich mit denselben die beiden benachbarten Stränge (Fig. 5, o, r) vereinigt, so dass nun 3 Stränge in der Mitte der Stengelseite sich befinden. Die analogen 3 Stränge, nur etwas näher zusammengerückt, beobachtet man an der zweiten Stengelseite; sie kommen vom erstobern Blatt (e, f, g in Fig. 5 und 11, vgl. Fig. 1). Die dritte Stengelseite zeigt gewöhnlich in ihrem obersten Theile noch die nämlichen 3 Stränge, die vom 2. obern Blatte herstammen, getrennt (Fig. 5, k, l, m); zuweilen sind dieselben schon dort, immerhin aber weiter abwärts in einen einzigen Strang vereinigt (Fig. 11, k l m; vgl Fig. 1).

Die besondern Holzringe sind vollkommen von dem allgemeinen Holzring geschieden, und lassen sich an ältern Zweigen auch mit Leichtigkeit von demselben ablösen. Sie hängen aber, entsprechend dem vorhin geschilderten Verlaufe der Spurstränge, je in dem 3. Knoten durch eine Anastomose mit ihm zusammen. Diese Anastomose ist der aus dem besondern in den allgemeinen Ring eintretende anodische Schenkel des anodisch-lateralen Spurstranges (o in Fig. 1 und 2). Man findet daher in jedem Knoten einen der besondern Holzringe mit dem allgemeinen verbunden, und zwar ist es in jedem Knoten ein anderer, nämlich derjenige, welcher dem kathodischen Rande des dort befindlichen Blattes entspricht. Fig. 8 gibt eine schematische Darstellung dieses Verhaltens; a ist der allgemeine, b, c, d, die 3 besondern Holzringe; man sieht sowohl in der Längsansicht als an den Durchschnitten der 4 Knoten (I, II, III, IV), wie in jedem desselben ein besonderer Holzring mit dem allgemeinen in Berührung tritt (nämlich b in I, c in II, d in III, b in IV).

Von den beiden Gefässsträngen, welche die Grundlage eines besondern Holzringes darstellen, (b und n, c und d, h und i in Fig. 5), entsteht zuerst der äussere (b, c, h); er ist auch fortwährend der stärkere. Zwischen beiden bemerkt man oft zeitlebens starke Markstrahlen, welche auf dem Querschnitt des Stengels mit der Oberfläche desselben parallel laufen.

Die Anastomose in dem Knoten zeigt, wenn wir sie von oben nach unten

verfolgen, nachstehende Erscheinungen. Dicht am Knoten fängt der betreffende besondere Holzring an, sich um seine Axe zu drehen, und zwar nach rechts bei Rechtswendung und nach links bei Linkswendung der Blattspirale. In Fig. 12 hat die Drehung bereits begonnen: die zwei Stränge h und i befinden sich nicht mehr in demselben Radius, wie das z. B. in Fig. 11 der Fall ist. Der besondere Holzring dreht sich um 90°, so dass der äussere grössere Strang (h) dem Blatte zu, der kleinere innere (i) demselben abgekehrt ist. Zugleich öffnet sich der besondere Ring in den allgemeinen, und erscheint jetzt bloss als eine Ausbuchtung desselben (Fig. 13, wo h und i nicht mehr hinter, sondern neben einander liegen). Der grössere äussere Strang (es ist der anodisch-laterale des zweitobern Blattes) theilt sich wenig tiefer in zwei Schenkel, welche nach unten auseinander weichen (Fig. 14, o und n). Der besondere Holzring trennt sich dann wieder von dem allgemeinen los (Fig 15), indem er den einen Schenkel (o) in demselben zurücklässt. Anfänglich an der innern Seite noch offen (Fig. 15) schliesst er sich hier bald, um sich an der äussern Seite zu öffnen (Fig. 16) und daselbst den kathodischen Seitenstrang des Blattes (b) aufzunehmen, welcher von da an abwärts die äussere Seite behauptet. Der Schenkel (n) des oberhalb vom Knoten äussern Stranges (h) und der innere Strang (i), die eben noch einander opponirt waren, nähern sich beide einander (Fig. 14) und verschmelzen dann miteinander (Fig. 15 und 16 n i), so dass der besondere Holzring nun wieder seinen normalen Bau zeigt mit 2 Strängen, einem grösseren äusseren (Fig. 16, b) und einem kleinen innern (n i).

Mit den Erscheinungen, welche die Anastomose zwischen dem besondern und dem allgemeinen Holzring begleiten, treten, wie ich eben gesagt habe, Drehungen der Gefässstränge auf, welche aus der Lage des Holztheils und des Cambiums derselben ersichtlich sind. Der äussere Strang dreht sich, wenn wir ihn von oben nach unten verfolgen, zuerst nahezu um 90°, homodrom mit der Blattspirale (Fig. 12, 13, h). Sein in den allgemeinen Holzring eintretender Schenkel zeigt eine entgegengesetzte Drehung von gleichem Belange, so dass er wieder seine ursprüngliche Richtung annimmt (Fig. 14, 15, 16, o). Sein anderer Schenkel kehrt zuerst in die ursprüngliche Lage zurück, um sich mit dem andern Strang des besondern Holzringes zu vereinigen (Fig. 15, n i); dann macht er mit demselben eine halbe Drehung, so dass er nun an der innern Seite des untern besondern Holzcylinders sich befindet (Fig. 16, n i), und eine seiner frühern entgegengesetzte Lage zeigt, in welcher er sein Cambium nach dem Centrum des Stammes, statt nach der Peripherie kehrt. Der innere Strang des besondern Holzringes dreht sich zuerst um 90°, homodrom mit der Blattspirale (Fig. 12, 13, i); dann setzt er seine Drehung fort, bis er nochmals 90° zurückgelegt hat, geht dabei die ebengenannte Vereinigung ein (Fig. 15, n i) und kehrt schliesslich in seine frühere Lage zurück (Fig. 16, n i). Andere Drehungen kommen an den Blattspursträngen im Stamme nicht vor. Dagegen finden sich ähnliche Erscheinungen im Grunde des Blattstiels.

Paullinia spec.
(Taf. IV, V, VI, Fig. 1—13).

Laubtriebe (Schlingpflanze aus dem bot. Garten in München). Die ausgebildeten Internodien sind 6kantig; zwei Kanten sind immer sehr genähert (Fig. 4, 5, 6, 10). Wären dieselben ganz verschmolzen, so würde der Verlauf der äussern Blattspur mit den 5kantigen Sapindaceen (z. B. Serjania mexicana) übereinstimmen und die Divergenz der Blattspirale $^2/_5$ betragen. So aber zeigt sich eine deutliche, wenn auch nicht sehr beträchtliche Verschiedenheit. In Fig. 7 ist der Verlauf der Kanten auf der ebengelegten Cylinderfläche dargestellt; α, β, γ sind die 3 von einem Blatte herabsteigenden Kanten, δ die Ranke, und ε die Laubknospe in dessen Achsel, 0....5 die 6 auf einander folgenden Stengelknoten. Die Mediankante (α), welche von dem Rücken des Blattes herabsteigt, setzt sich nicht, wie es beim 5kantigen Stengel der Fall ist, in die kathodischseitliche (β) des 2. untern Knotens fort; sondern sie läuft durch das 2. untere Internodium dicht neben derselben her, sich immer mehr nähernd, und vereinigt sich endlich mit ihr, so dass beide ihre Fortsetzung in der anodisch-lateralen Kante (γ) des 3. untern Internodiums finden. Die letztere, über dem 5. untern Blatte anlangend, trifft genau auf die Ranke (δ) und ebenso auf die Mitte des Raumes zwischen der medianen und kathodisch-lateralen Kante des 5. untern Knotens, und setzt sich kathodisch abbiegend in die letztere fort (in Fig. 7 setzt sich die vom Knoten 5 herabsteigende Rückenkante α in die Kante γ des Knotens 2 fort, und trifft in dieser Verlängerung auf die Ranke δ und somit zugleich auf die Mitte zwischen den Kanten α und β des Knotens 0). — Wird die Divergenz der Blattspirale aus dem Verlauf der Rückenkante bis zum 5. untern Knoten bestimmt, und dabei die Ausweichung an diesem Knoten nicht in Anschlag gebracht, so beträgt sie 138°.

Der Medianstrang (Fig. 13, a, d, g, k, n, q, t, x) geht durch 3 Internodien nach unten, vereinigt sich im 3. Knoten mit dessen anodischem Axillarstrang (z. B. t mit z, q mit z), steigt dann mit demselben vereintläufig durch 3 fernere Internodien hinab, um im 6. Knoten mit dem 3. untern Medianstrang und dem 6. untern anodischen Axillarstrang zu verschmelzen (t mit k, x mit n).

Die Medianstränge bilden demnach in jedem Stengel 3 Sympodien mit einseitiger, kathodischer Abzweigung in die Blätter. Wenn die Sympodien senkrecht wären, so betrüge die Blattdivergenz $^1/_3$ oder 120°. Wird nach dem Verlauf der Kanten an dem ausgebildeten Stengel die Divergenz zu 138° angenommen, so beträgt die Abweichung der Medianstrangsympodien von der Vertikalen für jedes Internodium 18°. — Der horizontale Abstand eines in den Stengel eingetretenen Medianstranges von demjenigen der 3. obern Spur beträgt 14—18° und im Mittel von 7 Messungen $16^2/_7$°. Würde der Verlauf der Medianstränge je in den 3 obersten Internodien als vertical angenommen, so wäre die Divergenz der Blätter $125^1/_2$°. Die Abweichung der Medianstränge, je in den 3 obersten Internodien, von der äussern Blattspur beläuft sich also auf 12° für jedes Internodium. Die Abweichung der innern Blattspur von der äussern

zeigt sich auch deutlich in der Thatsache, dass der Medianstrang am 3. untern Knoten in eine andere Stengelkante übertritt.

Die Medianstränge und ihre Sympodien haben ausser dem schiefen auch einen krummlinigen Verlauf, indem sie schlangenförmig bald nach rechts bald nach links gebogen sind. Damit hängt die Thatsache zusammen, dass zwei Stränge oder Sympodien, wenn man sie durch mehrere Internodien verfolgt, bald sich von einander entfernen, bald sich nähern, und dass in dem nämlichen Internodium die ringsherum aufeinander folgenden Stränge ungleiche Abstände zeigen. Die Messungen an 7 verschiedenen Internodien gaben folgende Mittelwerthe. Der Winkel zwischen n und n—1 ist 139°, zwischen n—1 und n—2 127°, zwischen n—2 und n—3 110°, zwischen n—3 und n—4 138°, zwischen n—4 und n—5 127°, — wenn in jedem Internodium n der Mediannerv der eigenen Blattspur, n—1 derjenige der erstobern, n—2 derjenige der zweitobern ist u. s. w.

Der kathodische Lateralstrang der Blattspur (Fig. 13, b, e, h, l, o, r, u) steigt durch ein Stengelinternodium hinab und setzt sich am erstuntern Knoten an dessen anodischen Lateralstrang an (e an c, h an f, u an s etc.). — Der anodisch-laterale Blattstrang (Fig. 13, c, f, i, m, p, s, v) geht durch zwei Internodien nach unten, vereinigt sich am 2. Knoten mit dessen kathodischem Axillarstrang (s mit y, p mit y), mit dem er vereintläufig 2 fernere Internodien durchzieht und am viertuntern Knoten oder etwas tiefer mit dem Medianstrang der zweituntern Blattspur verschmilzt (s mit k, p mit g, v mit n). — Die Blattspur hat im eigenen und im erstuntern Internodium eine durchschnittliche Weite von 127°, und zwar ist sie bald in dem erstern, bald in dem letztern etwas weiter. Der Unterschied beträgt 2—10°; der häufigere Fall ist, dass sie sich nach unten erweitert.

Die aus den Axillargebilden (Ranke und Laubzweig, von denen die erstere auf der kathodischen Seite sich befindet), in den Stengel eintretenden Gefässstränge verschmelzen in zwei Bündel, von denen das anodische (Fig. 13, z) mit dem Medianstrang der 3. obern, das kathodische (y) mit dem anodischen Lateralstrang der 2. obern Blattspur sich vereinigt.

Die Stengelinternodien haben, wie eingangs bemerkt wurde, 6 Kanten, von denen zwei genähert sind. An den Querschnitten in Fig. 5 und 10 sind dieselben in der nämlichen Art bezeichnet wie am Grunde von Fig. 7; α, β, γ sind die von dem Blatt des eigenen Knotens, α^1 und γ^1 die von dem 1. obern, α^2 die von dem 2. obern Blatt herablaufenden Kanten. Die Gefässstränge sind in Fig. 5 und 10 mit den gleichen Buchstaben benannt, wie in Fig. 13, und folgen in der gleichen Reihe, wie am Grunde dieser Figur. Unter der Rückenkante (α in Fig. 10) befinden sich 3 Stränge: der Medianstrang (a), und die beiden Axillarstränge, von denen der anodische mit dem 3. obern medianen (k), der kathodische mit dem 2. obern anodisch-lateralen (i) verschmolzen ist. Innerhalb der anodisch-lateralen Kante der eigenen Blattspur (γ) befindet sich in der Regel nur 1 Bündel, das aber zuweilen seine Zusammensetzung aus zweien deutlich erkennen lässt; es ist das anodisch-laterale des eigenen (c) und das kathodisch-laterale des nächstobern Blattes (e). Unter dem Kantenpaar (β und α^2)

liegen 3 Stränge; der kathodisch-laterale der eigenen Blattspur (b), der 2. obere mediane (g), und zwischen beiden ein Medianstrangsympodium (q), welches zunächst den 2. obern anodischen Axillarstrang und den 5. obern Medianen abgiebt. Die Kante, welche zunächst folgt (γ^1), enthält nur den anodischen Lateralstrang der 1. obern Spur (f). Die letzte Kante endlich (α^1) birgt 3 Stränge, den Medianen des 1. obern Blattes (d) mit seinen beiden Axillarsträngen, von denen der anodische mit dem 4. obern medianen (n), der kathodische mit dem 3. obern anodisch-lateralen Blattstrang (m) vereinigt ist.

Von den 5 Strängen, die in einem Knoten aus dem Stengel heraustreten, entsteht zuerst der mediane, nachher die beiden lateralen Foliarstränge, so dass das oberste gefässführende Internodium oft nur einen, das zweitoberste 4 Stränge (Fig. 4 und 13), das drittoberste 6 (Fig. 13) enthält. Die beiden Axillarstränge sind erst im 4. obersten gefässführenden Internodium sichtbar (Fig. 13); dasselbe zeigt 8, das 5. oberste 10 Stränge (Fig. 6 und 13).

Der geschilderte Blattspurverlauf ist der gewöhnliche; es giebt aber, wie bei andern Arten, Ausnahmen davon, indem an bestimmten Stellen neben den grössern Strängen ein kleinerer auftritt (Fig. 5, ζ und η). Diess sind Stränge von höhern Spuren, die sich nicht in der normalen Art ansetzten, oder Abzweigungen von solchen Strängen.

Die Stränge liegen alle in dem allgemeinen Holzring; nur sind diejenigen, welche der Mitte der Kanten entsprechen, meist beträchtlich nach aussen gerückt (Fig. 6, k, n; 10, a). Man sieht zeitlebens die denselben entsprechende Holzpartie vorspringen (Fig. 11). Besondere Holzringe wurden aber nie bei dieser Art beobachtet.

Paullinia alata *G. Don.*

(Taf. VII, 1—8.)

Laubzweige (in Weingeist aus dem Pariser Garten). Die entwickelten Internodien sind 5- oder 6kantig (Ersteres in Fig. 6 und 8); von 6 Kanten sind zwei einander genähert und die eine davon gewöhnlich schwächer oder undeutlicher (Fig. 7). Der Verlauf der äussern Blattspur stimmt mit der vorhergehenden Art überein.

Der Mediannerv geht durch 6 Internodien hinab und vereinigt sich am 5. Knoten mit dem anodischen Axillarstrang der 3. untern, am 6. Knoten mit dem Medianstrang und dem kathodischen Axillarstrang ebenfalls der 3. untern Spur. Denken wir uns die übrigen Stränge weg, so bilden die Medianstränge eines Sprosses 3 Sympodien mit kathodischer Abzweigung in die Blätter. Der Unterschied von der vorhergehenden Art besteht nur darin, dass diese Abzweigungen mit den Sympodien einen grössern Winkel bilden. — In dem nämlichen Internodium beträgt der Abstand zwischen dem Medianstrang der eigenen und dem der erstobern Blattspur durchschnittlich 137°, zwischen den Mediansträngen der erst- und zweitobern Spur 120°.

Der anodische Lateralstrang der Blattspur steigt durch zwei Internodien hinab und setzt sich im zweiten Knoten an den dortigen kathodischen Lateralstrang an.

Der kathodisch-laterale Blattstrang dagegen vereinigt sich schon am erstuntern Knoten mit dessen anodischem Lateralstrang. Die lateralen Blattspurstränge bilden somit, da sie sich an einander ansetzen, zusammen ebenfalls 3 Sympodien in einem Spross, was mit den 3 Sympodien der Medianstränge zusammen 6 ausmacht. — Die Blattspur scheint im eigenen und im erstuntern Internodium im Mittel eine Weite von 131° zu haben.

Die aus der Ranke und der Laubknospe in den Stengel eintretenden Bündel vereinigen sich in zwei Axillarstränge. Nachdem der anodische derselben durch 2 Internodien eigenläufig hinabgestiegen ist, wird er im 2. untern Knoten oder auch tiefer mit dem Medianstrang des drittobern Blattes vereintläufig und setzt sich im drittuntern Knoten oder unterhalb desselben an den eigenen Medianstrang an. Der kathodische Axillarstrang geht eigenläufig durch 3 Internodien und vereinigt sich ebenfalls im drittuntern Knoten mit dem eigenen Medianstrang; die Verschmelzung erfolgt zuweilen erst weiter abwärts.

Paullinia alata unterscheidet sich im Strangverlauf von der vorgehenden Art (die in Fig. 13 auf Taf. VI dargestellt ist) besonders dadurch, dass der anodische Lateralstrang im zweituntern Knoten an den kathodisch-lateralen Blattstrang statt an den kathodischen Axillarstrang sich ansetzt, und dass die Vereinigung des Medianstrangs mit dem anodischen Axillarstrang der drittuntern Spur nicht schon im 3. Knoten, sondern erst im fünftuntern Knoten oder noch tiefer erfolgt.

Es konnte nur ein einziger Zweig mit terminaler Knospe untersucht werden. Die untern Internodien desselben zeigten, entsprechend der eben geschilderten Stranganordnung, auf dem Querschnitt 14—15 Stränge (Fig. 6, 7). Ein stärkerer Ast hatte über 20 Gefässbündel (Fig. 8). Ob damit ein anderer Verlauf verbunden sei oder ob bei ursprünglich gleicher Anordnung durch Gabelungen und Abzweigungen in den Knoten die Zahl sich nachträglich noch vermehrte, liess sich aus Mangel an Material nicht entscheiden. Die Analogie anderer Arten (z. B. Serjania mexicana, Fig. 14 auf Taf. VI) möchte Letzteres vermuthen lassen.

Die Gefässstränge befinden sich in sehr ungleichen Entfernungen von dem Centrum des Markes, und zuweilen trifft es sich, dass innerhalb einer Kante ein Strang in ziemlich genauer radialer Richtung ausserhalb eines andern liegt. Der äussere ist dann immer ein seitlicher Foliarstrang der eigenen oder der nächstobern Spur, der innere dagegen ein Median- oder Axillarstrang der zweitobern oder einer höhern Spur. — Dem entsprechend finden sich an den ältern Internodien ausserhalb des allgemeinen Holzringes häufig 1, 2 oder 3 besondere Holzringe (Fig. 8); doch können dieselben auch ganz mangeln.

Der Querschnitt durch das Internodium zeigt unter 3 Stengelkanten die 3 Stränge der eigenen Blattspur (Fig. 1, l, m, n; 5 und 6, f, g, h; 7, a, b, c; 8, a, b, c). Neben dem Medianstrang befinden sich die Axillarstränge; dicht am Knoten sind dieselben noch in mehrere Stränge getheilt (Fig. 1, o, p; 5, i, k); nachher vereinigen sie sich in je 2 (Fig. 6, i, k; 7, d, e; 8, d, e). — Unter den beiden andern Stengelkanten liegen der mediane und anodische Blattstrang der erstobern Spur (Fig. 1, q, s; 5 und 6, l, n; 7, f, h; 8, f, h); der mediane hat die beiden Axillarstränge der gleichen Spur neben sich (Fig. 1, u, t; 5 und

6, o, p; 7, i, k; 8, i, k). Der kathodische Foliarstrang ist dicht am Knoten noch gesondert (Fig. 1, r; 5, m); weiter abwärts verschmilzt derselbe gewöhnlich mit dem anodischen der eigenen Spur (Fig. 6, m; 7, g); selten bleibt er getrennt (Fig. 8, g). — Die sechste schwächere Stengelkante birgt den Medianstrang der zweitobern Spur (Fig. 1, v; 5 und 6, q; 7, l; 8, l); neben demselben befinden sich die beiden zugehörigen Axillarstränge (Fig. 1, x, y; 5 und 6, t, u; 7, o, p; 8, o, p). Ueber die andern Stränge, welche in den Internodien sichtbar sind, sowie über den Eintritt der Rankenstränge (Fig. 3 und 4, γ, δ, ε, ζ), der Laubknospenstränge (Fig. 3, α, β) und der Blattstränge (Fig. 4, η) in den Knoten ist die Erklärung der Tafeln zu vergleichen.

Serjania mexicana *Willd.*

(Taf. VI, 14; VII, 9).

Laubtriebe (Schlingpflanze im botan. Garten zu München). Die Stengel sind 5kantig (VII, 9). Die Kanten der successiven Internodien treffen alle genau auf einander; nur diejenige, welche von oben her mitten über einem Blatte anlangt, weicht kathodisch ab und trifft, statt auf die Blattmediane, auf die in dessen Achsel befindliche Ranke. Es lässt sich also eine Kante, welche von dem Rücken eines Blattes herabsteigt, durch das eigene und noch 4 Internodien ununterbrochen verfolgen; am Grunde des 4. Internodiums biegt sie aber etwas aus, und kann somit nicht als Fortsetzung der von dem 5. Blatt herabsteigenden Kante betrachtet werden. Ihr unteres Ende entspricht vielmehr der Mitte zwischen der Rückenkante und der kathodischen Lateralkante des 5. Internodiums. — Wenn man die Blattstellung an den entwickelten Trieben ausschliesslich nach dem Verlauf der Rückenkanten beurtheilen wollte, so betrüge die Divergenz ziemlich genau $\frac{1 + {}^{9}/_{10}}{5}\pi = 136{,}8^0$. Wird aber die Ausbiegung der Rückenkanten über dem 5. Blatte, welche mit dem geraden Verlauf der übrigen Kanten im Widerspruch steht, vernachlässigt, so ist die Divergenz ${}^2/_5 = 144^0$. Die letztere Anschauungsweise scheint mir die richtigere.

Da zur Zeit der Untersuchung nur ruhende Triebe zu Gebote standen, so konnte weder die Blattstellung in der Terminalknospe beobachtet, noch die Gefässstränge bei ihrer ersten Anlage verfolgt werden. In den Zweigen, die zu verholzen anfangen, verhält sich die Anordnung der Stränge folgender Massen. Der Medianstrang (VI, 14, a, d, g, k, n, q, t, x) steigt durch 3 Internodien herab, verschränkt sich am 3. Knoten mit dessen anodisch-lateralem (k mit c, n mit f etc.), und vereinigt sich dann mit dem anodischen Axillarstrang dieses Knotens (k mit λ, n mit μ, q mit ν). Er geht nun vereintläufig durch 2 Internodien, verschränkt sich mit dem kathodischen Lateralstrang des 5. untern Blattes (q mit b, t mit e), steigt abermals durch 3 Internodien herunter und vereinigt sich unter dem 8. Knoten mit dem kathodischen Axillarstrang dieses letztern und mit dem anodischen Lateralstrang des 6. Blattes (α der Medianstrang des 8. Knotens mit i und λ, β der des 9. Knotens mit m und μ, γ derjenige des 10 Knotens mit p und ν).

Wenn die Medianstränge der Blattspur einen senkrechten Verlauf hätten, so wäre die Divergenz der Blätter fast genau $^3/_8$, nämlich $134^1/_4{}^0$. Wird die Blattstellung am entwickelten Stengel entsprechend dem parallelen Verlauf aller Kanten zu $^2/_5$ angenommen, so beträgt die Abweichung der Medianstränge von der Verticalen für jedes Internodium beinahe 10^0. Dass äussere und innere Blattspur nicht mit einander übereinstimmen können, ergibt sich auch schon aus dem Umstand, dass der Medianstrang am 3. untern Knoten seine Stengelkante verlässt und unter die kathodischer Seits nächstfolgende Kante sich begibt. — Die Medianstränge haben nicht nur einen schiefen, sondern auch einen krummlinigen, bald nach rechts, bald nach links ausbiegenden Verlauf. Mit dieser Thatsache steht in Verbindung, dass die zwei gleichen Medianstränge in verschiedenen Internodien, oder was das nämliche ist, dass im gleichen Internodium die verschiedenen Medianstänge nicht die gleichen Entfernungen zeigen. Die Medianstränge des n^{ten} und $n-1^{ten}$ Blattes (wenn von oben nach unten gezählt wird) sind im n^{ten} Internodium um 141^0, im $n+1^{ten}$ um 123^0 und im $n+2^{ten}$ um 103^0 von einander entfernt; ebenso stehen im n^{ten} Internodium der n^{te} und $n-1^{te}$ Medianstrang um 141^0 von einander ab, der $n-1^{te}$ und $n-2^{te}$ um 123^0, der $n-2^{te}$ und $n-3^{te}$ um 103^0. Es sind dies Mittelwerthe aus mehreren Messungen.

Der anodische Lateralstrang (VI, 14, c, f, i, m, p, s) steigt durch 2 Internodien hinunter, verschränkt sich am 2. Knoten mit dessen Blattspur, indem er zwischen den anodisch-lateralen und den Medianstrang hineintritt (m zwischen e und d, p zwischen h und g etc.). Er vereinigt sich dann sogleich mit dem kathodischen Axillarstrang dieses Knotens (m mit μ, p mit ν, s mit ξ), geht mit demselben vereintläufig durch 3 fernere Internodien und verschmilzt unter dem 5. Knoten mit dessen anodischem Axillarstrang und mit dem Medianstrang des 2. Knotens (s mit λ und k).

Der kathodische Lateralstrang (14, b, e, h, l, o, r) setzt sich am nächst untern Knoten an dessen anodischen Lateralstrang an (e an c, h an f, l an i etc.). Etwas über der Ansatzstelle gibt er ein schwaches Bündel ab (δ), welches mit dem genannten anodischen Lateralstrang sich verschränkt und auf der kathodischen Seite desselben nach unten geht. Gewöhnlich setzt es sich nach einem Weg von 2 Internodien im 3. untern Knoten an den Medianstrang des 2. obern Blattes an. (δ von r an x); zuweilen aber geht es eigenläufig noch tiefer im Stengel abwärts (δ von o).

Von den Axillargebilden steht der beblätterte Zweig gewöhnlich genau median, während die Ranke kathodisch von demselben sich befindet. Aus dem Zweig und der Ranke treten mehrere Stränge in den Stengel ein, indem sie sich in zwei Gruppen sondern, von denen die eine auf die linke, die andere auf die rechte Seite des Medianstranges sich begibt, und sogleich je zu einem einzigen Strang vereinigt, (VI, 14, λ, μ, ν, ξ, ϱ sind die Axillarstränge der 5 Knoten 0—4). Dicht unterhalb des Knotens setzt sich der anodische Axillarstrang an den Medianen des 3. obern Blattes (λ an k, μ an n etc.), der kathodische an den anodisch-lateralen des 2. obern Blattes an (λ an i, μ an m etc.).

Die Spurweite beträgt im eigenen Internodium im Mittel 151°, im erstuntern Internodium 124°.

Die untersuchten Zweige von Serjania mexicana hatten keine besondern Holzringe. Alle Gefässstränge sind durch den allgemeinen Cambiumring verbunden; allein sie zeigen sehr ungleiche Abstände vom Centrum, so dass der Holzring 5 stark vorspringende Ecken bildet (VII, 9; vgl. VI, 14, wo die Bezeichnung am Grunde die nämliche ist).

In den Ecken befinden sich die Spurstränge des eigenen (VII, 9, a, b, c) und des nächstobern Blattes (d, e, f); der kathodische Lateralstrang des letztern ist mit dem anodischen des erstern verwachsen (c e). Auf den Medianstrang (a) folgen anodischer Seits zunächst ein Axillarstrang des eigenen Knotens, (λ, hier noch getrennt), dann der anodisch-laterale Blattstrang des 5. obern Blattes (vereintläufig mit dem 3. obern Axillaren) und der Medianstrang des 3. obern Blattes; diese zwei Stränge sind nur dicht am Knoten getrennt, sie vereinigen sich sogleich mit einander (Fig. 9, k) und dann mit dem Axillarstrang; — kathodischer Seits ein Axillarstrang (λ, hier noch getrennt), dann der anodisch-laterale Strang des 2. obern Blattes (i), diese beiden Stränge vereinigen sich unter dem Knoten; — nachher und zwar ziemlich in der Mitte der Stengelseite das schwache Bündel, welches sich im 2. obern Knoten von dem kathodisch-lateralen Strang des 3. obern Blattes abzweigt, insofern dasselbe nicht im Knoten selbst sich an einen andern Strang angesetzt hat (δ). Der anodische Lateralstrang des eigenen Knotens (c), mit dem der kathodische des nächstobern (e) verschmolzen ist, wird kathodischer Seits gewöhnlich von dem kleinen Bündel, das sich von dem letztgenannten Strang oberhalb des Knotens abzweigt (δ in Fig. 9, hier bloss aus einem porösen Gefäss bestehend), anodischer Seits von dem Medianstrang des 6. obern Blattes, welcher mit einem axillaren des 3. obern Knotens vereintläufig ist (t), begleitet. Der kathodische Lateralstrang des eigenen Knotens (b) hat anodisch den 5. obern medianen (mit einem 2. obern axillaren vereintläufig, — q), kathodisch den 2. obern Medianen (g) und weiterhin den 4. obern anodisch-lateralen Blattstrang (mit einem 2. obern axillaren vereintläufig, — p) neben sich. Anodisch vom Medianstrang des nächst obern Blattes (d) befindet sich der 4. obere mediane (n), kathodischer Seits der 3. obere anodisch-laterale Blattstrang (m), der eine und der andere mit einem Axillarstrang des erstobern Knotens vereintläufig. Auf den anodischen Lateralstrang des nächstobern Blattes (f) folgt anodischer Seits der vereintläufige 7. obere Median- und 4. obere Axillarstrang (x), kathodischer Seits das Bündel, welches sich im erstobern Knoten von dem 2. obern kathodich-lateralen Blattstrang abzweigt ($\delta_{,,}$).

Serjania caracassana *Willd.*

(Taf. VIII, IX, X).

Laubtriebe. Ein Zweig aus dem Pariser-Garten, welcher zuerst untersucht wurde, verhielt sich folgender Massen. Das spärliche Material erlaubte keine ausreichende Untersuchung.

Der Medianstrang ist in seinem Internodium von dem Medianstrang des nächst-

obern Blattes um 141—155°, im Mittel aus 9 Messungen um $150^2/_3{}^\circ$ entfernt. Im nächstuntern Internodium wird der Abstand kleiner, er beträgt im Mittel von 5 Messungen $129^1/_5{}^\circ$. — Die Blattspur hat im eigenen Internodium eine durchschnittliche Weite von $144^1/_2{}^\circ$ (Mittel von 10 Messungen)

Der Medianstrang geht mitten in einer Stengelkante durch zwei Internodien. Am zweiten Knoten kommt er innerhalb dessen anodischen Seitenstrangs zu liegen und begleitet denselben kathodischer Seits durch ein Internodium; nicht selten fasst er ihn, indem er am 2. Knoten sich in zwei Schenkel spaltet, zwischen sich. Am drittuntern Knoten wendet sich der ungetheilte Medianstrang oder dessen kathodischer Schenkel (der auch in der Regel der stärkere ist) zu dem dort in den Stengel eintretenden Medianstrang (des 3. untern Blattes), an dessen anodischer Seite er herabsteigt, um sich, wie es scheint, schliesslich mit ihm zu vereinigen.

Der anodisch-laterale Blattstrang steigt mitten in einer Stengelkante durch 2 Internodien hinab, und begleitet vom 2. Knoten an den Medianstrang des letztern, auf dessen kathodischer Seite er sich befindet, und an den er sich wahrscheinlich abwärts anlegt.

Der kathodisch-laterale Blattstrang befindet sich in seinem Internodium mitten in einer Stengelkante; am nächsten Knoten theilt er sich in swei Schenkel, welche den dortigen anodischen Foliarstrang zwischen sich fassen, und in dieser Weise durch 2 Internodien nach unten begleiten. Es kann aber auch der eine Schenkel auf die kathodische Seite des genannten anodischen Blattstrangs, der andere auf die anodische Seite des Medianstrangs der nämlichen Spur zu liegen kommen. Zuweilen vereinigt sich der ungetheilte kathodische Foliarstrang am nächstuntern Knoten mit dessen anodischem Blattstrang.

Die Stengelinternodien sind 5kantig. Innerhalb 3 Kanten liegen die 3 Stränge der eigenen, innerhalb der beiden andern der mediane und anodisch-laterale Blattstrang der erstobern Spur. Jeder dieser 5 Stränge ist meistens von 2 schwächern Strängen begleitet, welche rechts und links liegen, und theils höheren Blattspuren (gemäss dem vorhin angegebenen Verlauf), theils auch, insofern es den Mediannerv betrifft, den Axillargebilden des gleichen Blattes angehören. Diese schwächern Stränge befinden sich nie auf dem nämlichen Kreis mit dem stärkern, den sie begleiten; sondern immer mehr oder weniger einwärts von demselben. Der allgemeine Cambiumring bildet daher ausspringende Winkel, von denen einzelne zu tiefen Falten sich gestalten, auch als besondere Ringe sich ablösen können. Der nämliche Zweig zeigt hier bloss einen einfachen Holzring, dort überdem 1 bis 3 besondere Ringe. Zu dieser abnormalen Bildung sind besonders diejenigen Kanten, welche die lateralen Stränge der eigenen Blattspur bergen, geneigt. Zuweilen findet man oben im Internodium eine Falte des allgemeinen, unten einen besondern Holzring. In dem letztern nimmt der grosse Strang der Ecke die äussere, die beiden schwächern ihn begleitenden Stränge die innere Seite ein.

Die nämliche Pflanze aus dem Münchner-Garten gab etwas abweichende Resultate. Ueberdem erlaubte ein reichlicheres Material eine vollständigere Untersuchung.

Der Querschnitt durch die Terminalknospe zeigt gleichzeitig die 7 obersten Blattanlagen; das Mittel der Divergenzen beträgt 137°. — Die ausgebildeten Zweige besitzen 7 Längsfurchen, welche ebensoviele, wenig vorspringende Rippen von ungleicher Breite von einander trennen (IX, 5); eine dieser Rippen ist breiter als alle übrigen und durch eine sehr leichte Furche halbirt, welche im nächstobern Internodium in eine der 7 deutlichen Furchen übergeht. Der Zweig hat somit in Wirklichkeit 8 Rippen, von denen die vom Rücken eines Blattes herabsteigende auf die Mitte des 8. untern Blattes trifft. Nach dieser äussern Blattspur beurtheilt, beträgt die Divergenz der Blattspirale $^3/_8$, wenn man die ungleiche Breite der Rippen nicht berücksichtigt. Es hat also während der Ausbildung des Sprosses kaum eine merkbare Drehung stattgefunden.

Der Medianstrang der Blattspur (VIII, a, d, g, k, n, q, t, x, α) geht durch 3 Stengelinternodien nach unten und vereinigt sich am 3. untern Knoten mit dessen anodischem Axillarstrang (k mit ε, n mit η, x mit ν, etc.). Vereintläufig mit demselben begleitet er den Medianstrang des gleichen (3. untern) Knotens durch 3 fernere Internodien (z. B. xν neben n), und tritt am 6. untern Knoten zu dessen anodisch-lateralem Blattstrang (z. B. xν zu f), läuft durch 2 Internodien neben demselben und geht vom 8. untern Knoten an neben dessen kathodisch-lateralem Foliarstrang noch eine Strecke weit abwärts, um sich dann mit einem in der Nähe befindlichen Strang (wohl gewöhnlich mit dem anodisch-lateralen Blattstrang der 6. untern Spur) zu vereinigen (so setzt sich der Strang $\varrho\sigma$, mit dem der Mediane des 9. Knotens vereinigt ist, an m an; $\varrho\varphi$ dagegen, in welchem der Medianstrang des 10. Knotens enthalten ist, an den Axillarstrang ϑ).

Der Medianstrang ist in seinem Internodium von dem Medianstrang des nächstobern Blattes ungleich weit entfernt; das Mittel von 7 Messungen in verschiedenen Internodien des nämlichen Sprosses gab einen Abstand von 136°; in einem andern Spross betrug er im Mittel von 3 Internodien 141°, und in einigen andern Zweigen ergab sich ein durchschnittlicher Abstand von 150°. Die Entfernung eines Medianstranges von demjenigen der nächstobern Spur im erstuntern Internodium betrug im Mittel von 7 Messungen in verschiedenen Internodien des nämlichen Sprosses 123$^1/_2$° und im Mittel von 3 Internodien eines andern Sprosses 124$^1/_3$°. Diese ungleichen Abstände stehen in Verbindung mit der Thatsache, welche auch durch anderweitige Messungen constatirt wird, dass die Medianstränge eine krummlinige (hin- und hergebogene) Richtung einschlagen, und dass die Biegungen höher oder tiefer eintreten können. Bei dem grössern Abstand von 150° kommt der Medianstrang am zweituntern Knoten in die Nähe des dort eintretenden kathodisch-lateralen Blattstranges, und giebt auch wohl einen Zweig ab, der denselben begleitet. Bei dem kleinern Abstand von 136° ist diess nie der Fall; er bleibt immer ziemlich weit von dem genannten Strange entfernt. — In jedem Falle setzt sich der Medianstrang (ganz oder mit seiner grössern Masse) im dritten Knoten an den dortigen anodischen Axillarstrang an. Dieser ist von dem Medianstrang der eigenen Spur durchschnittlich um 13° entfernt. Hätten die Medianstränge je in den 3 obersten Internodien, durch die sie hinabsteigen, einen vertikalen Verlauf, so betrüge die Divergenz der Blätter

$\frac{360+13}{3} = 124\frac{1}{3}^\circ$. Die innere Blattspur weicht also von der äussern auf die Länge eines jeden Internodiums um $10\frac{2}{3}^\circ$ ab und zwar nach der kathodischen Seite.

Der anodisch-laterale Foliarstrang (VIII, c, f, i, m, p, s, v, z, γ) geht, einfach oder in zwei nebenläufige Stränge geschieden (Letzteres bei i, p, s), durch 2 Internodien hinunter, biegt im zweituntern Knoten kathodisch aus, wobei er, wenn er in zwei getrennt war, wieder zum einfachen Strang wird, und begleitet nun den kathodisch-lateralen Blattstrang des genannten Knotens durch 3 Internodien abwärts (z. B. p neben h, v neben o), indem er kathodisch und einwärts von demselben liegt, und zuletzt sich wahrscheinlich an denselben anlegt. Ausnahmsweise unterbleibt die Vereinigung der beiden Schenkel, wobei der eine mit einem Axillarstrang verschmelzen kann (s,, mit $\varkappa$, während s, den gewöhnlichen Verlauf hat).

Der kathodisch-laterale Foliarstrang (VIII, b, e, h, l, o, r, u, y, β) steigt, ebenfalls bald einfach bald in zwei nebenläufige Stränge getrennt (Letzteres bei e, h, o), durch 3 Internodien abwärts, tritt im drittuntern Knoten zwischen dessen Spurstränge ein, und vereinigt sich bald mit dem anodischen, bald auch, wie es scheint, mit dem kathodischen Axillarstrang (o,, mit ζ, r mit ι, u mit λ, y mit ν). Seltener geht der eine Schenkel an einen Blattstrang (o, an m).

Die Stränge der Axillargebilde (Ranke und Laubzweig) sammeln sich wie gewöhnlich in zwei, von denen einer rechts, der andere links vom Medianstrang sich befindet. Der anodische Axillarstrang (VIII, ε, η, ι, λ, ν, π, σ, φ) begleitet den letztern durch 3 Internodien, wendet sich dann von ihm ab, indem der anodisch-laterale Blattstrang der drittuntern Spur zwischen sie tritt, und läuft nun anodisch und einwärts von dem letztern durch 2 folgende Internodien (z. B. ν neben f, π neben i). Er begleitet denselben auch in das fünftuntere Internodium, wo er sich mit ihm vereinigt (σ mit m), oder er wendet sich anodisch von demselben ab, tritt in die Spur des 5. Knotens ein und setzt sich an dessen kathodisch-lateralen Axillarstrang an (φ an ϑ). — Der kathodische Axillarstrang (VIII, δ, ζ, ϑ, $\varkappa$, μ, ξ, ϱ, τ) geht ebenfalls durch 3 Internodien mit dem Medianstrang nach unten (ϑ neben g), um sich dann, wie es scheint, mit demselben zu vereinigen. Da die Axillarstränge nicht bloss neben, sondern auch einwärts vom Medianstrang liegen, so kommt es häufiger vor, dass sie sich einander nähern, und mit einander verschmelzen ($\varkappa$ mit λ, μ mit ν, ξ mit π). Diess geschieht dann, wenn sie mit dem Medianstrang einen besondern Holzring bilden. Der vereinigte Axillarstrang verhält sich in diesem Falle wie es für den anodischen bereits angegeben wurde.

Die Blattspur hat im eigenen Internodium eine durchschnittliche Weite von 123° (Mittel von 6 verschiedenen Internodien). Sie verengert sich nach unten; im nächsten Internodium beträgt sie im Mittel 106°. Die Verschiedenheiten im Strangverlauf zwischen der Pflanze aus dem Pariser und derjenigen aus dem Münchner Garten rühren vorzüglich von der ungleichen Blattspurweite her. Bei jener beträgt sie nach dem Eintritt in den Stengel im Mittel $144\frac{1}{2}^\circ$, bei dieser 123°. Demzufolge trifft bei jener der Medianstrang ziemlich genau auf den zweit-

untern kathodischen Foliarstrang, der kathodische Foliarstrang trifft auf den erstuntern anodischen, der anodische auf den zweituntern medianen, was Alles bei der Münchner Pflanze nicht statt hat. Der abweichende Blattspurverlauf hat auch eine verschiedene Ausbildung der besondern Holzringe zur Folge; — und es wäre wohl möglich, dass die beiden Pflanzen nicht der gleichen Art angehörten.

Der Querschnitt durch das entwickelte Internodium zeigt 5 besondere Holzringe und eine vorspringende Falte des allgemeinen (IX, 1), oder 4 besondere Ringe und 2 Falten (Fig. 6), seltener 4 besondere Ringe und nur eine Falte (Fig. 2) oder 3 Ringe und 3 Falten (Fig. 11). Die eine Falte des allgemeinen Holzringes gehört immer dem Medianstrang der eigenen Blattspur an, welcher sich in der Mitte des Vorsprungs befindet (Fig. 1, k; 2, g; 5 und 6, d; 11, a); im Hals liegen 2 Stränge, nämlich die eigenen Axillarstränge, mit denen Stränge höherer Spuren vereinigt sind, einander gegenüber (1, η; 2, ζ; 5 und 6, ε; 11, δ, und $\delta_{,,}$), häufig so sehr genähert, dass die beiderseitigen Cambiformbündel in Ein Bündel verschmelzen. Ist eine zweite Falte des allgemeinen Holzringes vorhanden, so steht sie von der ersten um 130—150° ab, und zeigt aussen in der Mitte den Medianstrang der erstobern Spur (Fig. 5 und 6, g; 11, d), und zu beiden Seiten nach einwärts die Axillarstränge derselben (5 und 6, ζ; 11, ε, und $\varepsilon_{,,}$). Wenn eine dritte Falte beobachtet wird, so enthält sie in gleicher Weise den Medianstrang und die Axillarstränge der zweitobern Spur (11, g und ζ). Sind statt der zweiten und dritten Falte des allgemeinen Holzringes besondere Ringe vorhanden, so befinden sich die beiden Axillarstränge an ihrer innern Seite, dem medianen opponirt, und sind meist mit einander verschmolzen (so n—ϑ in Fig. 1, ferner k—η in Fig. 2 statt der zweiten Falte; q—ι in Fig. 1, ferner k—η in Fig. 5 statt der dritten Falte). Von den übrigen besondern Holzringen hat der eine an seiner äussern Seite den (ungetheilten oder getheilten) kathodischen Blattstrang der eigenen Spur (Fig. 1,l; 2,h; 5 und 6, e; 11,b), — der andere den (ungetheilten oder getheilten) anodischen Blattstrang der eigenen (Fig. 1, m; 2, i; 5 und 6, f; 11, c) und den (ungetheilten oder getheilten) kathodischen Blattstrang der erstobern Spur (Fig. 1, o; 2, l; 5 und 6, h, 11, e), — der dritte den anodischen Blattstrang der erstobern (Fig. 1, p; 2, m; 5 und 6, i; 11, f) und den kathodischen der zweitobern Spur (Fig. 1, r; 2, o; 5 und 6, l; 11 h), den einen und andern entweder ungetheilt oder getheilt. An der innern Seite dieser 3 besondern Holzringe befinden sich Stränge, die höhern Blattspuren angehören. Der erste Ring kann mit dem, welcher ihm kathodisch zunächst liegt, vereinigt sein; dann hat er an seiner äussern Seite den eigenen kathodischen Foliarstrang und den zweitobern medianen (Fig 2, h—n). Ferner kann der dritte besondere Holzring in zwei getrennt sein; dann befindet sich an der äussern Seite des einen Ringes der erstobere anodische und in dem andern der zweitobere kathodische Blattstrang.

Verfolgen wir die Gefässstränge mit Rücksicht auf ihr Verhältniss zum allgemeinen und zu den besondern Holzringen, so ergiebt sich Folgendes. Der Medianstrang befindet sich im eigenen Internodium immer mitten in einer Ausfaltung des allgemeinen Holzringes, und es kann diese Ausfaltung auch noch durch die

2 folgenden Internodien sich fortsetzen (g in Fig. 2, 5 und 11 und auf Taf. VIII). Gewöhnlich aber schnürt sie sich höher oder tiefer (oben oder in der Mitte des erst- oder zweituntern Internodiums) als besonderer Holzring ab, in dessen äusserer Mitte sich der Medianstrang befindet (k in Fig. 1 und 2; q. n. k auf Taf. VIII). Dieser besondere Holzring vereinigt sich, wie bereits bemerkt wurde, zuweilen im zweituntern Internodium mit demjenigen, welcher anodischer Seits neben ihm liegt und den kathodischen Foliarstrang der zweituntern Spur enthält. Am drittuntern Knoten endigt die dem Medianstrang angehörende Ausfaltung oder sein besonderer Holzring, und der Medianstrang geht nach innen, um sich mit einem Axillarstrang zu vereinigen; von hier an befindet er sich im Hals einer Ausfaltung vom allgemeinen oder auf der innern Seite eines besondern Holzringes.

Der kathodische Foliarstrang liegt nach seinem Eintritt in den Stengel an der äussern Seite eines besondern Holzringes, welcher im erstuntern Internodium sich in den besondern Ring des dortigen anodischen Blattstranges (l in Fig. 1 und 2) fortsetzt. Der kathodische Foliarstrang geht an der äussern Seite dieses besondern Ringes durch das 1. und 2. untere Internodium (l in Fig. 2 und 3), biegt am 3. untern Knoten einwärts und begibt sich in den Hals einer Ausfaltung des allgemeinen Holzringes, wo er sich mit einem Axillarstrang vereinigt oder neben demselben hinabsteigt (l in Fig. 10 und 11; vgl. Taf. VIII). Es kann auch eine Partie an die innere Seite eines besondern Holzringes treten, wo sie sich mit andern Foliarsträngen vereinigt (o, auf Taf. VIII).

Der anodische Foliarstrang befindet sich von seinem Eintritte in den Stengel an durch 2 Internodien auf der äussern Seite eines besondern Holzringes (m in Fig. 1 und 2), welcher am 2. untern Knoten sich in den besondern Ring des dortigen kathodischen Blattstranges fortsetzt. Von hier an liegt er durch 3 Internodien an der innern Seite des besondern Holzringes (m in Fig. 5 und 11) und tritt dann in den allgemeinen ein.

Wenn man die besondern Holzringe auf ihrem Laufe von oben nach unten betrachtet, so findet man, dass an jedem Knoten immer diejenigen in den allgemeinen Ring sich öffnen, welche sich auf der Seite der aus dem Blatt in den Stengel eintretenden Stränge befinden, somit diejenigen, welche dem 3. obern medianen, dem 2. obern anodischen und dem nächstobern kathodischen Foliarstrang entsprechen. Unverändert am Knoten geht vorbei der besondere Holzring, welcher den 1. obern anodischen und den 2. obern kathodischen Foliarstrang enthält, und derjenige des 2. obern Medianstranges (insofern letzterer Strang in einem besondern Holzring und nicht in einer Falte des allgemeinen sich befindet). — Fig. 2 zeigt den Querschnitt über einem Knoten. Fig. 5 unter demselben, Fig. 3 und 4 Schnitte durch den Knoten. Man sieht, dass die beiden besondern Ringe, in denen sich die Stränge k und l—i befinden, unverändert vorbeigehen; dass dagegen die Ringe, welche die Stränge m—o und h—n in Fig. 2 enthalten, sich in den allgemeinen Ring öffnen und dabei neue Stränge aufnehmen. — In gleicher Weise stellt Fig. 6 den Querschnitt über, und Fig. 11 unter einem Knoten, Fig. 7, 8, 9, 10 Schnitte durch denselben dar. Zuerst öffnet sich in Fig. 7 der besondere Ring, in welchem die Stränge l—i befindlich sind. In Fig. 8 sind alle

besondern Ringe mit dem allgemeinen vereinigt, mit Ausnahme desjenigen mit den Strängen f—h. Dieser ist der einzige, welcher unversehrt am Knoten vorbeizieht; denn der andere Complex von Strängen (g—ζ), welcher ebenfalls nicht affizirt wird, bildet hier nicht einen besondern Ring sondern eine Falte des allgemeinen. — Verfolgen wir irgend einen besondern Ring von einem Knoten aus, an dem er ungeöffnet vorbeizieht, nach unten, so finden wir, dass er an den 2 folgenden Knoten sich mit dem allgemeinen Ring verbindet, am dritten nicht, und dass sich diess abwärts immer wiederholt.

An der Stelle, wo sich die besondern Holzringe in den allgemeinen öffnen, treten Stränge ihrer innern Seite oder Theile derselben in den allgemeinen Ring ein. Auch da, wo die von der Mitte eines Blattes herabsteigende Ausfaltung des allgemeinen Ringes sich abschnürt, um einen besondern Ring zu bilden, theilen sich die Axillarstränge, die im Hals der Ausfaltung liegen, gewöhnlich je in zwei Schenkel, von denen die äusseren in den besondern, die innern in den allgemeinen Holzring übergehen.

Die Gefässstränge haben im Allgemeinen einen radialschiefen, von oben und aussen nach unten und innen gerichteten Verlauf. Wir können 3 verschiedene Abstände derselben vom Centrum des Stengels unterscheiden: 1) die äussere Seite der besondern Holzringe oder der Ausfaltungen des allgemeinen, 2) die innere Seite der besondern Holzringe oder der Hals der Ausfaltungen des allgemeinen Ringes, 3) der allgemeine Holzring mit Ausschluss seiner Ausfaltungen. Wenn wir nun jedes Internodium einen Schritt nennen und die Spurstränge von ihrem Eintritte in den Stengel an abwärts verfolgen, so macht der Medianstrang zuerst 3 Schritte in der äussern, dann 3 Schritte in der mittlern Stellung, um zuletzt in die innere sich zu begeben. Der kathodische Blattstrang bleibt ebenfalls 3 Schritte in der äussern, dann 3 in der mittleren Stellung, ehe er in die innere eintritt. Der anodische Blattstrang befindet sich während der ersten 2 Schritte in der äussern, dann während 3 Schritten in der mittleren Stellung. Alle die genannten Stränge bleiben häufig, sei es ganz, sei es theilweise, länger in der mittleren Stellung, als eben angegeben wurde, und treten also erst weiter abwärts in den allgemeinen Ring ein. Die Axillarstränge sind von Anfang an in der mittlern Stellung und bleiben theilweise durch 5 und mehr Internodien in derselben, um zuletzt ebenfalls in die innere Stellung sich zu begeben.

Serjania spec.

(Taf. VI, 17).

Laubzweige (trocken, aus Brasilien, mitgetheilt von Herrn v. Martius.) Um den allgemeinen Holzring liegen 8 besondere Ringe. Von dem letztern können 1 oder auch 2 bloss als Falten des allgemeinen Ringes vorhanden sein (Fig. 17); sie entsprechen dem eigenen und dem nächstobern Medianstrang. Es kommt auch vor, dass ein oder zwei neben einander liegende besondere Holzringe mit dem allgemeinen so vereinigt sind, dass sie nicht einmal als Falten besonders stark vorspringen.

In jedem besondern Holzringe befinden sich 1 oder auch 2 äussere und ebenso 1 oder 2 innere Gefässstränge. Der Verlauf derselben wurde nicht ver-

folgt; allein die Analogie mit andern Sapindaceen, namentlich mit Serjania caracassana lässt mehrere Punkte sicher oder mit grosser Wahrscheinlichkeit entscheiden. Die Kante, welche von der Mitte des eigenen Blattes herabsteigt, wird durch eine Ausfaltung des allgemeinen Holzringes gebildet; sie enthält an der äussern Seite den Medianstrang (a), einwärts die beiden Axillarstränge der eigenen Spur. Der Medianstrang der 1. obern Spur (d) bildet einen besondern Ring, an dessen innerer Seite sich die beiden zugehörigen Axillarstränge in einem einzigen verschmolzen befinden. In gleicher Weise stellt der Medianstrang der 2. obern Spur (g) und der ihm opponirte vereintläufige Axillarstrang einen besondern Ring dar. In den übrigen besondern Holzringen nehmen laterale Foliarstränge die äussere Seite ein: in den beiden der Ausfaltung (a) zunächst liegenden die beiden seitlichen Blattstränge der eigenen Spur (b und c), in den andern die Stränge der 1. obern (e und f) und der kathodische der 2. obern Spur (h). An der innern Seite dieser besondern Holzringe befinden sich, ausser dem anodisch-lateralen Strang der zweitobern Spur, die Foliar- und Axillarstränge der nächst höhern Spuren. In dem allgemeinen Ring sind einige Stränge bemerkbar, welche noch höhern Blättern angehören.

Die vorliegende Serjania unterscheidet sich demnach von Serjania caracassana vorzüglich dadurch, dass der besondere Ring, welcher bei letzterer anodisch neben dem eigenen Medianstrang (IX, 1, m—o) und derjenige, welcher anodisch neben dem 1. obern Medianstrang liegt, (IX, 1, p—r), bei der erstern je in 2 besondere Ringe zerfallen ist (VI, 17, c und e, f und h).

Erklärung der Tafeln I—X.

Die in ( ) eingeschlossenen Zahlen geben die Vergrösserung an. Alle Querschnitte sind mit der Camera lucida oder mit dem Sömmering'schen Spiegelchen gezeichnet.

Taf. I. Cardiospermum inflatum *Arrab.*

1. Schematische Darstellung des Strangverlaufs in einem Zweigende, auf der ebengelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; sie wurde nach successiven Querschnitten ausgeführt, von denen zwei in Fig. 5 und 6 gezeichnet sind. abc, def, ghi, klm, nop, qrs, tuv, xyz, $\alpha\beta\gamma$ die successiven 3strängigen Blattspuren; von der obersten Spur ist erst der Medianstrang δ angelegt. Die beiden Axillarstränge sind nur in den beiden untersten Knoten (bei abc, und def) gezeichnet; sie waren auch in den 5 folgenden Knoten (bei ghi, klm, nop, qrs und tuv) vorhanden.

2. Schematische Darstellung des Strangverlaufes durch einen Knoten, auf der eben gelegten Cylinderfläche, von innen gesehen; sie wurde nach successiven Querschnitten ausgeführt. abc die Stränge der eigenen, def der nächst obern Blattspur; die übrigen Bezeichnungen entsprechen ebenfalls denjenigen von Fig. 1; R die Stränge der Ranke, A diejenigen der Laubknospe. — Fig. 4 zeigt einen Querschnitt durch das untere, Fig. 7 einen solchen durch das obere Internodium, jener etwas unterhalb, dieser etwas oberhalb des in Fig. 2 dargestellten Strangverlaufs, mit gleicher Bezeichnung.

3. Schematische Darstellung des Strangverlaufes durch einen Knoten, auf der ebengelegten Cylinderfläche, von innen gesehen, nach successiven Querschnitten ausgeführt. Bezeichnung wie in Fig. 1 und 2.

4 (15). Querschnitt durch das Internodium unter dem Knoten, dessen Strangverlauf in Fig. 2 dargestellt ist. Die Stränge sind die nämlichen wie an dem untern Rande dieser Figur, nur dass sich p und g jetzt vereinigt haben. Die Bezeichnung stimmt mit Fig. 2 und 1 überein.

5 (40). Querschnitte durch das abwärts 7. gefässführende Internodium des Stengelendes, dessen Strangverlauf in Fig. 1 dargestellt ist, dicht unter dem Knoten klm dieser Figur. klm die Stränge der eigenen Blattspur; ax, ax die beiden eigenen Axillarstränge, die sich noch nicht mit dem nächstliegenden (t und s) vereinigt haben.

6 (20). Querschnitt durch ein älteres Internodium des Zweiges, von dessen Ende der Strangverlauf in Fig. 1 dargestellt ist. Die Bezeichnung ist so durchgeführt, das abc die eigene, def die 1. obere Blattspur bedeutet u. s. f. wie in Fig. 1. Die Anordnung der Stränge entspricht derjenigen am untern Rande von Fig. 1, mit der einzigen Ausnahme, dass neben f sich ein schwacher Strang x befindet, welcher der 7. obere Mediane mit abnormalem Verlaufe ist.

7 (15) Querschnitt durch das Internodium über dem Knoten, dessen Strangverlauf in Fig. 2 dargestellt ist. Die Stränge sind die nämlichen wie an dem obern Rande dieser Figur, nur dass g und q, f und h, ax (der eine zu d gehörende Axillarstrang) und m noch getrennt sind. Die Bezeichnung stimmt mit Figur 2 und 1 überein.

Taf. II. III. Urvillea ferruginea *Lindl.*

Fig. 1, 2. Schematische Darstellung des Strangverlaufes auf der ebengelegten Cylinderfläche, von innen gesehen, nach successiven Querschnitten ausgeführt. Fig. 2 zeigt die Blattspurstränge des ganzen Zweigendes, mit Ausschluss der Axillarstränge; in Fig. 1 ist eine untere Partie dieser Zeichnung mit den Axillarsträngen dargestellt, und alle Stränge der 3 untern Knoten nach oben verfolgt, bis da, wo sie den Stengel verlassen. — Die ausgezogenen Stränge liegen in dem allgemeinen Holzring, die punktirten an der äussern, die gestrichelten an der innern Seite der besondern Holzringe 0, 1 . . . . 13 die Stengelknoten; a, b, c die 3 Blattstränge; n, o die beiden Schenkel, in welche sich c spaltet. v die Stränge für die Ranke, x diejenigen für die Laubknospe. — Die Bezeichnung am untern Rande von Fig. 1 stimmt mit derjenigen von Fig. 5 und 11 überein, die von Fig. 2 mit derjenigen von Fig. 4, 5 und 11.

3 (40). Querschnitt durch die Terminalknospe des Zweiges, dessen Strangverlauf in Fig. 2 dargestellt ist. 12 und 13 die beiden jungen Blätter, welche an den Knoten 12 und 13 in Fig. 2 inserirt sind, jedes mit seinem Medianstrang; 14 und 15 die beiden folgenden Blattanlagen. 13, 14 und 15 haben jedes die beiden Nebenblätter neben sich. 16 Höcker, aus dem sich das nächstfolgende Blatt erheben wird.

4 (20). Querschnitt durch das abwärts 7. gefässführende Internodium eines Zweiges (Fig. 2 unterhalb des mit 7 bezeichneten Knotens). a, b, c die eigene Blattspur; die Bezeichnung ist im Uebrigen die nämliche wie am Grunde von Fig. 2. — t Basis des Blattstieles (der am Knoten 6 in Fig. 2 inserirt ist). u, u die beiden Nebenblätter, jedes mit einem Gefässbündel; das rechte Nebenblatt ist mit dem Blattstiel verwachsen. v die Ranke mit 4 Strängen, dem Blattstiel angewachsen. x die Laubknospe, noch ohne Gefässe, mit dem Blattstiel und der Ranke verwachsen.

5 (40). Querschnitt durch das abwärts 10. gefässführende Internodium des in Fig. 1 und 2 dargestellten Zweiges (unterhalb des Knotens 4 in Fig. 2). a, b, c die eigene Blattspur; die Bezeichnung stimmt genau mit der am Grunde von Fig. 1 und 2 befindlichen. y Bastring.

6 (66). Querschnitt durch den abwärts 3. gefässführenden Knoten eines Zweiges (entsprechend 11 in Fig. 2). a, b, c die in den Stengel eintretende Spur des eigenen Blattes. f erstoberer, l zweitoberer Medianstrang. h Cambiumstrang, in welchem der anodische Gefässstrang für das erstobere Blatt sich bilden wird. y Bastring.

7. Blattstellung auf der ebengelegten Cylinderfläche nach der Divergenz $^3/_8$, welche in der Terminalknospe beobachtet wird, ausgeführt. 0, 1 . . .8 die successiven Blattinsertio-

nen. b, c, d die 3 Stengelkanten, welche erst durch eine Drehung des Stengels eine senkrechte Richtung erhalten.

8. Schematische Darstellung der Vereinigungen, welche zwischen dem allgemeinen (a) und den besondern Holzringen (b, c, d) stattfinden; vgl. Pag. 52.

9. Schematische Darstellung des Eintrittes der Blattstielstränge k, l, m, n, o, p, q, r und der Nebenblattstränge f, h in den Stengel und Bildung der Blattspurstränge a, b, c, vgl. Pag. 50.

10 (14). Querschnitt durch den Grund eines Blattstieles k, l, m, n, o, p, s, t die durch einen Cambiumring verbundenen Gefässstränge; q, r die beiden extraannulären Stränge auf der dem Stengel zugekehrten Seite

11 (14). Querschnitt durch das abwärts 12. gefässführende Internodium des in Fig. 1 und 2 dargestellten Zweiges, dicht unter dem Knoten 2 von Fig. 1 und 2. a, b, c die eigene Blattspur; p, q die eigenen Axillarstränge. Die Bezeichnung stimmt genau mit der am Grunde von Fig. 1 und 2 überein.

12—16 (14). Querschnitte durch einen Knoten, um die Veränderungen in dem besondern Holzring, der hier mit dem allgemeinen sich verbindet, zu zeigen h, i die beiden Stränge des besondern Ringes; f, g die nämlichen Stränge des allgemeinen Ringes wie diejenigen mit der gleichen Bezeichnung in Fig. 11; y Bastring; z Protenrinde; α Epenrinde; β allgemeiner Cambiumring und dessen jüngste Producte; γ Holzring; δ Markscheide; ε besonderer Cambiumring. — 12 dicht über dem Eintritt der Blattstränge in den Stengel — 13 der besondere Holz- und Cambiumring hat sich mit dem allgemeinen vereinigt — 14 der Bastring hat sich geöffnet, um den Foliarstrang eintreten zu lassen. — 15 ein Theil des frühern besondern Holzringes hat sich wieder vom allgemeinen abgelöst. Der Foliarstrang b ist im Begriff, durch die in dem Bastringe gebildete Oeffnung einzutreten. — 16 der Bastring hat sich wieder geschlossen und der Foliarstrang b vereinigt sich mit dem besondern Holzring. — Vgl. übrigens, was die Gefässbündel betrifft, den Text (Pag. 53).

Taf. IV, V, IV, Fig. 1—13. Paullinia spec.

1 (260). Querschnitt durch ein 0,9 M.M. dickes Internodium der Zweigspitze Die gezeichnete Partie entspricht der Seite α von Fig. 6. k, t, s die nämlichen Gefässstränge wie in Fig. 6; μ Protenrinde; ν Protenmark; ψ Markscheide. ξ Cambiumring, von dem man kaum die äussere in Bast übergehende Partie ϱ unterscheidet.

2 (260). Querschnitt durch das nächstuntere 1,4 M.M. dicke Internodium. Das gezeichnete Stück entspricht einem einspringenden Winkel (wo sich also keine Gefässstränge befinden). μ Protenrinde; ν Protenmark; ξ Cambiumring; ϱ junger Bast; σ Epenrinde; ψ Markscheide.

3 (260). Querschnitt durch das gleiche Internodium wie Fig. 2. Das gezeichnete Stück entspricht der von dem eigenen Blatte herabsteigenden Mediankante. g, p, q die drei Gefässgruppen dieser Kante mit den kleinmaschigen Cambiformsträngen. μ Protenrinde; ϱ junger Bast; σ Epenrinde; ξ Cambiumring; unterhalb desselben die Markscheide ψ.

4 (50) Querschnitt durch das abwärts 2. gefässführende Internodium eines Zweiges, von 0,55 M.M. Dicke. α, β, γ die Kanten und die Stränge der eigenen (äussern und innern) Blattspur. α^1 die Mediankante mit dem Medianstrang der 1. obern Spur; γ^1 die anodische Seitenkante derselben; α^2 die Mediankante der 2. obern Spur (vgl. Fig. 7). Ausser den Gefässsträngen erkennt man das Protenmark und die Protenrinde als ein schwach grünliches Gewebe, zwischen beiden den farblosen Cambiumring.

5 (40). Querschnitt durch ein 2,3 M.M. dickes und 80 M.M langes Internodium. Die Bezeichnung der Kanten α, β, γ, α^1, γ^1, α^2 ist die nämliche wie am Grunde von Fig 7. Die Bezeichnung der Stränge stimmt mit derjenigen am Grunde von Fig. 13 überein. α, β, γ und a, b, c Kanten und Stränge der eigenen Blattspur; ζ und η schwache Stränge von ungewöhnlichem Verlauf. — ϱ Bastring; ausserhalb desselben die Protenrinde; σ Epenrinde; ξ Cambiumring; ψ Markscheide; innerhalb derselben das Protenmark.

6 (50). Querschnitt durch das abwärts 5. gefässführende Internodium eines Zweiges,

von 0,9 M.M. Dicke. Die Bezeichnung der Kanten (α, β, γ, α^1, γ^1, α^2) ist die gleiche wie am Grunde von Fig. 7. Die Stränge sind mit den gleichen Buchstaben benannt, wie in Fig. 13. α, β, γ und k, l, m die Kanten und Stränge der eigenen Blattspur; ϱ junger Bastring; ausserhalb desselben die Protenrinde; ξ Cambiumring; innerhalb desselben das Protenmark.

7. Schematische Darstellung des Verlaufes der Stengelkanten auf der eben gelegten Cylinderfläche, von aussen gesehen. 0, 1, 2, 3, 4, 5 die 6 Stengelknoten; α, β, γ die 3 von einem Blatt herabsteigenden Kanten. Die Bezeichnung am Grunde stimmt mit derjenigen der Querschnitte in Fig. 4, 5, 6, 10 überein. δ Ranke; ε Laubzweig.

8 (260). Stück des in Fig. 5 dargestellten Querschnittes; derselbe ist von der linken Seite dieser Figur zwischen f und g, und somit als ein älteres Stadium der Fig. 2 zu betrachten. μ Protenrinde; ν Protenmark; ξ Cambiumring; ϱ Bast; σ Epenrinde, ψ Markscheide.

9 (100). Ein Stück des in Fig. 11 dargestellten Querschnittes. μ Protenrinde; ξ Cambiumring; ϱ Bastring; σ äussere ungeordnete Epenrinde; τ innere Epenrinde, undeutlich in radiale Reihen geordnet; φ Anfang der Peridermbildung (?); ω Holz.

10 (40). Querschnitt durch ein 1,8 M.M. dickes und 38 M.M. langes Zweiginternodium. Die Bezeichnung der Kanten (α, β, γ, α^1, γ^1, α^2) ist die nämliche wie am Grunde von Fig. 7. Die Bezeichnung der Stränge stimmt mit derjenigen am Grunde von Fig. 13 überein. Die Abweichung besteht nur darin, dass e sich noch nicht mit c vereinigt hat. α, β, γ und a, b, c Kanten und Stränge der eigenen Blattspur.

11 (14). Querschnitt durch ein älteres, $4^1/_2$ M.M. dickes Internodium (ein Stück davon ist in Fig. 9 stärker vergrössert). μ Protenrinde; ν Protenmark; ξ Cambiumring; ϱ Bastring; σ äussere ungeordnete Epenrinde; τ innere, undeutlich in radiale Reihen geordnete Epenrinde; ψ Markscheide; ω Holzring.

12 (400). Querschnitt durch ein 2,9 M.M. dickes Internodium; das gezeichnete Stück entspricht einem einspringenden Winkel (wie Fig. 2 und 8). ξ Cambium; ϱ Bast; σ Epenrinde; ψ Markscheide.

13. Schematische Darstellung des Strangverlaufes eines Zweigendes auf der ebengelegten Cylinderfläche, von innen gesehen, nach successiven Querschnitten ausgeführt. a b c, d e f, g h i, k l m, n o p, q r s, t u v die successiven 3strängigen Blattspuren; von der obersten Spur ist erst der Medianstrang x angelegt. y, z die beiden Axillarstränge, welche Bündel für die Ranke ($\varkappa$) und für die Laubknospe (λ) abgeben Die Bezeichnung am Grunde stimmt mit derjenigen in Fig. 5 und 10 überein.

Taf. VI, 14. Serjania mexicana *Willd.*

Schematische Darstellung des Strangverlaufes auf der ebengelegten Cylinderfläche, von innen gesehen, nach successiven Querschnitten ausgeführt. 0,1 . . . . . 5 die aufeinander folgenden Stengelknoten. a b c, d e f, g h i, k l m, n o p, q r s die successiven dreisträngigen Blattspuren. t u v Spur des 6. Knotens; x z 2 Stränge der 7. Spur; α und β Medianstränge der 8. und 9. Spur; δ Schenkel des kathodischen Lateralstranges; λ, μ, ν, ξ, ϱ Axillarstränge. Die Bezeichnung am Grunde der Figur stimmt mit derjenigen des Querschnittes in Fig. 9. auf Taf. XV überein.

Taf. VI, 15—17. Serjania spec.

15 (200). Querschnitt durch einen der an der Grenze zwischen Mark und Markscheide befindlichen (Phloëm-) Stränge; derselbe besteht bloss aus engen Zellen.

16 (200). Querschnitt durch einen solchen Strang, der aus einer weiten, mit dunklem Inhalte gefüllten Zelle (Siebröhre) und aus engen Zellen zusammengesetzt ist. e äussere, dem Holzring zugekehrte Seite.

17 (12). Querschnitt durch einen Stengel (vgl. Pag. 67).

Taf. VII, 1—8. Paullinia alata *G. Don.*

1 (20). Querschnitt durch das Internodium einer Zweigspitze, dicht unter dem Knoten. l, m, n die 3 Foliarstränge der eigenen Spur; o, p die Axillarstränge derselben.

q. r. s die Blattstränge der erstobern Spur; t, u die Axillarstränge derselben. v, x, y der Medianstrang und die Axillarstränge der 2. obern Spur. w, z, a Stränge höherer Spuren.

2 (20). Das gleiche Internodium wie Fig. 1, unmittelbar am Grunde und über dem Knoten, mit der nämlichen Bezeichnung. n und r sind miteinander verschmolzen, ebenso y und a, ferner die Stränge o, p, w; dagegen hat sich z in zwei getheilt.

3 (20). Querschnitt unter Fig. 2. α, β die beiden Stränge der noch ganz kleinen Laubknospe. γ, δ, ε, ζ die 4 stärkern Stränge der Ranke. In den Strängen des Stengels ist keine Veränderung eingetreten, ausgenommen, dass neben z noch ein schwacher Strang liegt, der vielleicht eine weitere Abzweigung von z, vielleicht auch für die Axillarknospe bestimmt ist.

4 (20). Querschnitt unter Fig. 3. Ranke und Knospe haben sich mit dem Stengel vereinigt. γ, δ, ε, ζ mit den dazwischenliegenden Bündeln gehören der Ranke an. ζ hat sich getheilt, um den Medianstrang des Blattes zwischen den beiden Schenkeln eintreten zu lassen. α, β Stränge für die Knospe, von denen nur zwei in den Schnitt 3 hinaufreichen. Die übrigen Stränge sind die nämlichen geblieben. η Querschnitt durch den Blattstiel.

5 (20). Querschnitt unter Fig. 4. Die Stränge des Blattstieles (5, η) haben sich in 3 vereinigt (f, g, h), welche in den Stengel eingetreten sind und von denen g sogleich mit s verschmolzen ist. Die Stränge α bis zum einen Schenkel ζ von Fig 4 haben sich in die 3 Bündel k von Fig. 5, — β bis zum andern Schenkel ζ von Fig. 4 in die 4 Bündel i von Fig 5 vereinigt. Die übrigen Stränge verhalten sich wie in Fig 5.

6 (20). Querschnitt mitten im Internodium unter Fig. 5. Die getrennten Stränge i und k sind verschmolzen. x und y haben sich mit v vereinigt, ebenso z mit u. Dagegen hat sich ω in zwei Schenkel gespalten.

7 (20). Nächst unteres Internodium. a, b, c die neu eingetretenen Blattspurstränge; d, e die dazugehörigen Axillarstränge c hat sich mit g vereinigt, b mit n, ferner t und u mit q; die beiden Schenkel von ω sind wieder verschmolzen. y Bastring; z Markscheide.

8 (14). Querschnitt durch ein Internodium eines andern dickern Zweiges. a, b, c die eigenen Blattspurstränge; d, e die dazugehörigen Medianstränge; f, g, h die Stränge der 1. obern Blattspur; k, i deren Axillarstränge; l Medianstrang der 2. obern Spur; m kathodischer Foliarstrang derselben; o, p dazugehörige Axillarstränge. — v Protenrinde; x Epenrinde; y Bastring; z Markscheide.

Taf. VII, 9. Serjania mexicana *Willd.*

9 (12). Querschnitt durch einen Zweig; a, b, c die eigene Blattspur; λ, λ die Axillarstränge. Die Bezeichnung ist die nämliche wie am Grunde von Fig. 14 auf Taf. VI. y Bastring; z Markscheide.

Taf. VIII, IX, X. Serjania caracassana *Willd.*

Taf. VIII.

Schematische Darstellung des Strangverlaufes auf der ebengelegten Cylinderfläche, von innen gesehen, nach successiven Querschnitten, von denen eine Auswahl auf Taf. IX abgebildet ist, ausgeführt. 0,1 . . . . . . 7 die aufeinander folgenden Internodien. a b c, d e f, g h i, k l m, n o p, q r s, t u v, x y z, $\alpha\beta\gamma$ die 3strängigen Spuren der successiven Blätter. $\delta,\delta_{,,}$, $\varepsilon,\varepsilon_{,,}$, $\zeta,\zeta_{,,}$, $\eta,\eta_{,,}$, $\vartheta,\vartheta_{,,}$, $\iota,\iota_{,,}$, $\varkappa,\varkappa_{,,}$, $\lambda,\lambda_{,,}$ Axillarstränge, gebildet durch die aus dem Laubzweig und der Ranke in den Stengel eintretenden, je in zwei Massen sich vereinigenden Stränge. Die Bezeichnung am Grunde der Figur ist die nämliche, wie in Fig. 11 auf Taf. IX. Die ausgezogenen Stränge liegen in dem allgemeinen Holzring, die punktirten an der äussern und die gestrichelten an der innern Seite der besondern Holzringe, welche auf der Zeichnung durch die schmalen Ellipsen angedeutet sind. Einige der in den allgemeinen Holzring eingetretenen Stränge wurden übrigens nicht bis zum Grunde fortgeführt, theils um die Zeichnung nicht zu verwirren, theils weil ihre Spur verloren ging.

Taf. IX.

Querschnitte durch den Zweig, dessen Strangverlauf auf Taf. VIII dargestellt ist. In dieser Figur sind die Stellen in den Internodien angedeutet, die den Querschnitten 1, 2, 5,

6 und 11 entsprechen; die übrigen Schnitte gehen durch die Knoten. Die Bezeichnung ist die nämliche wie auf Taf. VIII.

1 (10). Querschnitt durch das Internodium unter dem Knoten, der auf Taf. VIII mit 3 bezeichnet ist.

2 (10). Querschnitt durch das Internodium über dem Knoten 1 auf Taf. VIII.

3 (10). Querschnitt durch den Knoten 1 auf Taf. VIII unmittelbar über dem Eintritt der Foliarstränge. Die beiden besondern Ringe der Fig. 2 mit den Strängen h—n und o—m haben sich mit dem allgemeinen Ring vereinigt.

4 (10). Querschnitt durch den nämlichen Knoten wenig tiefer; die Foliarstränge d, e, f sind im Begriff zwischen die andern Stränge einzutreten. Der allgemeine Ring hat sich an mehreren Stellen geöffnet, theils um diesen Eintritt, theils um die Wiederbildung der besondern Ringe zu gestatten.

5 (10). Querschnitt dicht unter demselben Knoten (1 auf Taf. VIII).

6 (10). Querschnitt über dem Knoten 0 auf Taf. VIII.

7 (10). Querschnitt durch den obersten Theil des Knotens 0 auf Taf. VIII. Der besondere Ring der Fig. 6 mit den Strängen l—i hat sich mit dem allgemeinen Ring vereinigt.

8 (10). Querschnitt durch den nämlichen Knoten unmittelbar unter Fig. 7. Auch die beiden andern besondern Ringe mit den Strängen k und e haben sich in den allgemeinen Ring geöffnet.

9 (10). Querschnitt durch den nämlichen Knoten unmittelbar unter Fig. 8. Die Foliarstränge a, b, c sind im Begriff zwischen die andern Stränge einzutreten; der allgemeine Ring hat sich an drei Stellen geöffnet, um sie aufzunehmen.

10 (10). Querschnitt durch den nämlichen Knoten dicht unter Fig. 9. Die Foliarstränge a, b, c sind zwischen die andern Stränge eingetreten. Der besondere Ring mit dem Strang b hat sich getrennt; derjenige mit dem Strang c ist im Begriff es zu thun.

11 (30) Querschnitt durch das Internodium unter dem Knoten 0 auf Taf. VIII. μ Protenrinde; $\mu_{\prime}$ Collenchym; ν Protenmark; ϱ Bastring; σ Epenrinde ausserhalb des besondern Holzringes, χ dieselbe zwischen dem besondern und dem allgemeinen, $\chi\sigma$ dieselbe ausserhalb des allgemeinen Holzringes; ξ und π Cambium des besondern Ringes auf der äussern und innern Seite; φ und $\varphi_{\prime}$ Cambium des allgemeinen Ringes; ω Markscheide des allgemeinen Ringes.

Taf. X.

1 (120). Querschnitt durch ein 0,33 M.M. dickes Internodium der Zweigspitze, in dem Meristem sind Cambiumstränge sichtbar geworden. a, b, c die Stränge für das eigene Blatt; d, e, f diejenigen für das erstobere, g der Medianstrang für das zweitobere Blatt.

2 (300). Ein Theil des nämlichen Querschnittes stärker vergrössert; c der Cambiumstrang, der in Fig. 1 mit dem nämlichen Buchstaben bezeichnet ist.

3 (50) Querschnitt durch ein 0,7 M.M. dickes Internodium des gleichen Zweiges; d, e, f die Stränge für das erstobere Blatt.

4 (50). Einige Schnitte tiefer als Fig 3; D.M. = 1 M.M.

5 (50). Noch einige Schnitte tiefer. ξ und π besonderer, φ allgemeiner Cambiumring.

6 (300). Ein Theil der Fig. 3, entsprechend der Kante f stärker vergrössert. f Gefässe und Mark des künftigen besondern Holzringes; μ Protenrinde; ν Protenmark; ξ äussere Cambiumlamelle; π innere Cambiumlamelle; ϱ junger Bast.

7 (300). Ein Theil der Fig. 4, entsprechend der Kante f, stärker vergrössert. f Gefässstrang; μ Protenrinde; ν Protenmark; ξ äussere Cambiumlamelle; π—φ innere Cambiumlamelle, welche durch Zwischenlagerung des Dauergewebes χ in zwei zerfällt. ϱ junger Bast; σ Epenrinde; τ Mark des künftigen besondern Holzringes.

8 (300). Querschnitt durch die nämliche Kante der Zweigspitze, etwas tiefer. μ Protenrinde; ν Protenmark; ϱ junger Bast; σ Epenrinde; ξ und π Cambium des besondern Ringes auf der äussern und innern Seite; f und g Gefässstränge des besondern Ringes auf der äussern und innern Seite; τ Mark des besondern Ringes; φ Cambiumlamelle, welche sich in den allgemeinen Cambiumring fortsetzt; χ Epenrinde zwischen dem allgemeinen und besondern Ring.

Entstehung und Wachsthum der Wurzeln

von C. Nägeli und H. Leitgeb.

Die Thatsache, dass das Spitzenwachsthum der Wurzeln der Gefässkryptogamen durch wiederholte Theilungen einer Scheitelzelle erfolgt, wurde zuerst durch Hofmeister bekannt. Seiner ersten Ansicht*) nach theilt sich diese an der Spitze des Wurzelkörpers gelegene und von der Wurzelhaube bedeckte Scheitelzelle durch abwechselnd nach oben und unten convexe Wände in eine neue linsenförmige Zelle ersten Grades und in eine Zelle zweiten Grades, die die Gestalt eines Meniskus besitzt und abwechselnd gegen die Wurzelhaube und den Wurzelkörper convex ist. Aus jeder der gegen die Wurzelhaube convexen Zellen bilden sich durch weitere Theilungen Zellen für die Wurzelhaube, während das Wachsthum des Wurzelkörpers durch jene Zellen vermittelt wird, die diesem ihre convexe Seite zukehren.

Von diesem anfangs für die Wurzeln aller Gefässkryptogamen angenommenen Wachsthumsvorgange schliesst Hofmeister später**) die Wurzeln der Farne und Isoëten aus. Für erstere unterscheidet er zwei Wachsthumstypen: Die Farne mit dreizeiliger Wedelstellung zeigen im Stamme und in den Wurzeln eine tetraëdrische Scheitelzelle, deren eine Fläche der Wurzelhaube zugekehrt ist, während die drei andern als Seitenwände gegen den Wurzelkörper convergiren. Durch die in spiraliger Folge den Seitenwänden parallel auftretenden Theilungswände werden Zellen für den Wurzelkörper und nach jedem Umgange dieser Theilung durch eine der Aussenfläche parallele Wand eine Zelle für die Wurzelhaube abgeschnitten. — Die Farne mit zweizeiliger Wedelstellung haben im Stamme und in den Wurzeln zweischneidige Scheitelzellen. Durch wechselnd nach rechts und links geneigte, den Seitenflächen der Scheitelzelle parallele

*) Vergleichende Untersuchungen, pag. 96.

**) Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen. Heft I. und II.

Wände werden Zellen für den Wurzelkörper, durch der Aussenfläche parallele hingegen Zellen für die Wurzelhaube abgeschnitten. Hofmeister's Ansicht über das Wurzelwachsthum bei Isoëtes soll später erörtert werden.

Nach unsern Untersuchungen theilt sich die Scheitelzelle der Wurzeln aller Gefässkryptogamen immer durch schiefe Wände, die von Zeit zu Zeit mit Querwänden abwechseln. Die durch jene gebildeten Zellen, die nach dem Vorgange Pringsheim's*) „Segmentzellen" oder „Segmente" genannt werden sollen, vermitteln das Wachsthum des Wurzelkörpers, während durch die Querwände Zellen für die Wurzelhaube abgeschnitten werden. Da sich aus jeder der letzteren eine oder zwei der kappenförmigen Zellschichten der Wurzelhaube entwickeln, so sollen sie als „primäre Kappenzellen" (Kappenmutterzellen Hanstein's und der aus jeder derselben hervorgehende Zellencomplex als „Kappe") bezeichnet werden.

In Bezug auf die gegenseitige Neigung der schiefen Wände kann man zwei, vielleicht drei, Typen unterscheiden. Wir finden sie nämlich entweder nach drei, oder nur nach zwei Seiten (nämlich abwechselnd nach rechts und links) geneigt. In den Wurzeln (und Stengeln) von Lycopodium dürfte die Neigung der Wände nach vier Seiten gerichtet sein. Dem zufolge unterscheiden wir auch mehrere Formen der Scheitelzelle. Im ersten Falle hat sie die Form einer dreiseitigen Pyramide, deren Spitze dem Wurzelkörper zugekehrt ist; im zweiten ist sie gegen denselben zweiflächig zugeschärft; im dritten kommt ihr die Gestalt einer vierseitigen Pyramide zu.

Die Wurzeln mit dreiseitiger Scheitelzelle stimmen nun unter sich nicht allein in der Bildung der Segmentzellen überein, es zeigt sich auch in Bezug auf die Entwicklung späterer Zellengenerationen eine so bestimmte Gesetzmässigkeit, dass sich wenigstens für die ersten Theilungsvorgänge gewisse gemeinsame Gesetze aufstellen lassen, die wir den speciellen Untersuchungen vorausschicken wollen.

I. Wurzeln der Gefässcryptogamen mit dreiseitiger Scheitelzelle.

Tafel XI—XVI.

Wie soeben erwähnt wurde, hat die Scheitelzelle die Gestalt einer dreiseitigen Pyramide, deren mehr oder minder convexe Grundfläche die Scheitelfläche darstellt, während die durch das Zusammenstossen der drei Seitenflächen gebildete Spitze in den Wurzelkörper eingesenkt ist.

Die Bildung der Wurzelhaube geschieht in der Weise, dass sich in der Scheitelzelle zunächst ihrer Scheitelfläche eine zur Wurzelachse rechtwinklige Querwand bildet, wodurch jene in zwei Zellen zerfällt, deren eine die ursprüng-

*) Zur Morphologie v. Salvinia natans. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. III Heft III pag. 491. Cramer (Pflanzenphysiol. Untersuchungen v. Nägeli u. Cramer. Heft III pag. 22) nannte sie „Gliederzellen." Hanstein (Befruchtung und Entwicklung der Gattung Marsilia, in Pringsheim's Jahrbüchern Bd. IV pag. 197) gebraucht den Ausdruck „Abschnittszellen."

liche Pyramidenform beibehält, indess die andere nahezu die Form eines Kugelabschnittes besitzt und als primäre Kappenzelle die Mutterzelle einer oder zweier kappenförmiger Zellschichten oder einer Kappe der Wurzelhaube darstellt. Gleich nach ihrer Bildung wächst sie ziemlich rasch in die Breite, wodurch ihre auf Querschnitten ursprünglich sphärisch dreieckige Form bald in die eines Kreises übergeht. Zu gleicher Zeit theilt sie sich durch eine auf ihrer Grundfläche senkrechte, also der Wurzelachse parallele Wand in zwei gleiche Hälften, in deren jeder nun abermals eine auf der früheren Theilungswand senkrechte Längswand auftritt, wodurch vier im Grundriss quadrantische Zellen gebildet werden*) (Taf. XII, Fig. 1, der rundliche Raum im Innern mit den Wänden 1, 2, 3 stellt die jüngste Kappe dar, indess die übrigen Zellen ältern Kappen angehören; ferner Taf. XII Fig. 3, 5; Taf. XIV, Fig. 3; Taf. XVI, Fig. 8 und 9. Die erste Wand ist in diesen Figuren mit 1, die darauffolgenden mit 2 bezeichnet). Dass die Bildung dieser Scheidewände sehr rasch auf einander folgt, muss aus dem Umstande geschlossen werden, dass man höchst selten Querschnitte erhält, welche nur die Halbirung der primären Kappenzelle zeigen.

Sind auf diese Weise vier in einer Ebene liegende Zellen gebildet, so theilt sich nun jede derselben abermals in zwei nebeneinanderliegende Hälften, indem die sich bildenden Längsscheidewände die Aussenwände halbiren, oder in ungleiche Stücke theilen, und gerade oder in sanfter Krümmung nach innen verlaufen, um sich an die Seitenwände anzusetzen (Vergl. die mit 3 bezeichneten Wände in Taf. XII, Fig. 1, 3, 4, 5, 6; Taf. XIV, Fig. 3; Taf. XVI, Fig. 8 und 9). In Bezug auf die Richtung dieser Wände beobachten wir selbst in den Wurzeln derselben Pflanzenart nicht unbedeutende Verschiedenheiten, indem entweder die Richtung in allen vier Zellen dieselbe bleibt (Homodromie), in welchem Falle jede der vier ins Kreuz gestellten Wände von einer Theilungswand getroffen wird (vgl. die Wände 3 in Taf XII Fig. 1); oder indem dieselbe in einer oder in zwei Zellen wechselt (Heterodromie), wodurch dann ein oder zwei Seitenwände frei bleiben (vgl. die Wände 3 in Taf. XII Fig. 3, 4, 5, 6; Taf. XVI, Fig. 8, 9).

Auf diese Weise sind nun aus der primären Kappenzelle acht in einer je nach der Form des Vegetationskegels mehr oder minder gekrümmten Fläche liegende Zellen entstanden. In vielen Fällen geschehen auch die weiteren Theilungen dieser Zellen nur durch Längswände, in welchem Falle also alle Zellen einer „Kappe“ eine einfache Schicht bilden (so in Tafel XIV, Fig. 7, wo die 4 Zellschichten k–k, l–l, m–m, n–n, aus eben so vielen primären Kappenzellen entstanden sind). In anderen Fällen jedoch, wie zum Beispiel bei Equisetum hiemale treten, bevor durch weitere Zellentheilungen vermittelst radialer und tangentialer Längswände eine Vermehrung dieser acht Zellen erfolgt, Querwände in ihnen auf, wodurch jede in zwei gleiche übereinander liegende Hälften zerfällt (Taf. XII, Fig. 9, 10; l, l und m, m sind die beiden Schichten, die je aus einer primären Kappenzelle entstanden). Es ist dieser Vorgang der Quertheilung

*) Diese Theilungsvorgänge erkannte schon Hofmeister. (Vergl. Unt. pag. 96.)

wohl zu beachten, weil er uns lehrt, dass in solchen Fällen zwei übereinander liegende Schichten der Wurzelhaube zusammen einer Kappe angehören, die dann also zweischichtig ist. In diesem Falle gibt die Zahl der auf einem Längsschnitte zu beobachtenden kappenförmigen Schichten nicht zugleich auch die Zahl der in der Scheitelzelle erfolgten Quertheilungen, sondern es ist diese um die Hälfte kleiner.

Nach dem Auftreten der eben beschriebenen Quertheilung, oder wo diese nicht vorkommt, unmittelbar nach der Bildung der acht Zellen geschieht die weitere Zellvermehrung in der Regel nur mehr durch Längswände. Fast ohne Ausnahme wird zuerst jede der vier tieferen im Centrum der Schicht zusammenstossenden Zellen in eine äussere und eine innere Zelle getheilt. Wir erhalten auf diese Weise 4 innere und 8 äussere Zellen. Erstere theilen sich häufig nicht weiter durch Längswände, und wir erkennen sie in ihrer quadrantischen Stellung auch noch auf Querschnitten, die weit von dem Vegetationspunkte entfernt sind (Taf. XII Fig. 2, m, m).

Nach der Bildung dieser 4 centralen Zellen, seltener vor ihrer Entstehung, treten in den 8 peripherischen Zellen nach innen verlaufende Längswände auf, die sich entweder schief oder unter rechten Winkeln an die Seitenwände ansetzen und die äusseren Kanten als Zellen abschneiden.

In Bezug auf das weitere Auftreten der tangentialen und radialen Längswände lässt sich kein bestimmtes Gesetz mehr erkennen und wir begegnen in der Wurzel derselben Pflanzenart mannigfachen Verschiedenheiten. Hie und da bilden sich auch, besonders zunächst der Längsachse, noch Quertheilungen, welche dann zugleich mit einer vorwiegenden Längsstreckung der Zellen die mehr oder minder zugespitzte Form der Wurzelhaube bedingen. Die Kappe ist in solchen Fällen in der Mitte mehrschichtig.

Die den oberflächlichen Schichten der Wurzelhaube angehörigen Zellen verdicken ihre Aussenwände, die dann in Wasser und noch mehr in Kali sehr stark aufquellen. Nach und nach trennen sich diese Zellen aus ihrem Verbande und werden entweder in Gruppen oder einzeln abgestossen.

Was die Lage der ersten in der primären Kappenzelle auftretenden Theilungswand gegen die drei Seitenflächen der Scheitelzelle betrifft, so scheint kein bestimmtes Gesetz zu bestehen, in dem sie weder zu einer derselben parallel ist, noch auf ihr senkrecht steht. Konstant jedoch ist die gegenseitige Lage dieser ersten Theilungswände in zwei aufeinanderfolgenden Kappen, indem dieselben nie übereinanderfallen, sondern um 45 Grade von einander abweichen, demzufolge also auch die 4 quadrantischen Zellen zweier successiver Kappen immer genau alterniren.

Das Längenwachsthum des Wurzelkörpers, insoweit es durch Theilung der Scheitelzelle vermittelt wird, geht in der Weise vor sich, dass die in spiraliger Folge auftretenden Scheidewände der Reihe nach den Seitenflächen parallel sind. Diese Spirale zeigt weitaus am häufigsten Rechtsdrehung und nur in wenigen Fällen Linksdrehung. Letztere finden wir ausnahmslos in den Wurzeln von Equisetum hiemale, während wir sie in den Wurzeln der Farne nur als Ausnahme bei solchen Arten finden, die sonst rechtsläufige Spiralen zeigen.

Jede der durch diese Theilungen der Scheitelzelle gebildeten „Segmentzellen“, die natürlich ihrer Entstehung nach ebenfalls spiralig geordnet sind, ist durch fünf Flächen begrenzt: nämlich durch eine Seitenwand der Scheitelzelle (Taf. XI, Fig. 1, b c e) und durch die zu dieser parallelen Wand (a f d), die beide nach Cramer Hauptwände genannt werden sollen; ferner durch zwei nach innen convergirende Seitenwände (a b e f und c d e f); und endlich durch eine mehr oder minder convexe Aussenwand (a b c d). Von den beiden Hauptwänden jeder Segmentzelle mag die näher der Vegetationsspitze gelegene als die scheitelsichtige, die andere als die grundsichtige Hauptwand bezeichnet werden.*) Von den beiden Seitenwänden der Segmentzelle nennen wir die in der Theilungsspirale höhergelegene die anodische, die tiefergelegene hingegen die kathodische Seitenwand (analog der Bezeichnung der beiden Blattränder, vgl. diese Beiträge Heft I pag. 48).

Die beiden Seitenwände sind jedoch nichts anderes als selbst wieder Theile der Hauptwände und zwar jener beiden, die in ihrer Bildung unmittelbar der Entstehung der vorderen Hauptwand der betreffenden Segmentzelle vorangegangen waren. Bezeichnen wir vier in der Scheitelzelle aufeinanderfolgende Theilungswände mit den Ziffern 1 bis 4, wobei dann die Wand 1 die grundsichtige und die Wand 4 die scheitelsichtige Hauptwand einer Segmentzelle ist, so werden die Seitenwände derselben durch jene Theile der Wände 2 und 3 gebildet, welche durch die scheitelsichtige Hauptwand der Segmentzelle abgeschnitten wurden. Dabei entspricht die anodische Seitenwand der älteren (mit 2 bezeichneten) und die kathodische der jüngeren (mit 3 bezeichneten) der beiden Theilungswände, die zur Bildung der Seitenwände der Segmentzelle verwendet wurden (Vergl. Taf. XI, Fig. 2, wo I, II, III die drei letzten Segmente in akropetaler Folge bezeichnen.

Bevor wir die Zellenvermehrung in den Segmentzellen verfolgen, wollen wir

---

*) Bei vielen anatomischen, morphologischen und physiologischen Verhältnissen macht sich der Gegensatz von Scheitel und Basis eines Organs geltend. Für Stengel und Blätter braucht man zur Bezeichnung dieses Gegensatzes die Ausdrücke oben und unten. Beim Blatt ist diese Benennung schon einigermassen zweideutig, weil sie auch bei manchen Autoren den Gegensatz von vorderer und hinterer Fläche bedeutet. Noch zweideutiger ist sie beim kriechenden Stengel, wo unten und oben auch den Gegensatz der beiden Seiten bezeichnet, von denen die eine der Luft und dem Lichte, die andere der Erde zugekehrt ist. Bei der Wurzel vollends herrscht mit Beziehung auf die Ausdrücke unten und oben ein vollkommener Widerspruch, indem die Einen sich die Wurzel in ihrer natürlichen Lage (den Scheitel nach unten gerichtet) denken, die Anderen aber, um sie mit dem Stengel vergleichen zu können, aufrecht (den Scheitel nach oben) stellen.

Wir gebrauchen, um alle Zweideutigkeit zu vermeiden, die Ausdrücke unten und oben nur in der gewöhnlichen Bedeutung, während der Gegensatz von Scheitel und Basis durch folgende Bezeichnungen ausgedrückt wird:

scheitelwärts und grundwärts (als Adverb.), scheitelsichtig und grundsichtig oder akroskop und basiskop (als Adject.), dem Scheitel oder der Basis zugekehrt;

akropetal (sit venia verbo) und basipetal, nach dem Scheitel oder nach der Basis hin sich bewegend.

zuerst die durch das Wachsthum hervorgebrachten Veränderungen ihrer Gestalt und ihrer Lage kurz berühren.

In Folge der alternirend schiefen Theilungen der Scheitelzelle sind die Segmente anfänglich unter einem Winkel von 40 — 70 Graden gegen die Achse der Wurzel*) geneigt. Auf Längsschnitten beobachtet man, wie diese schiefe Lage bald in eine horizontale übergeht, so dass die Segmente nun rechtwinklig auf der Achse stehen. Anfänglich sind die Hauptwände parallel, später divergiren sie nach aussen, zuletzt laufen sie wieder parallel. Ferner greifen die Segmente anfänglich zickzackförmig in einander, zuletzt stossen sie mit geraden Seiten aneinander, indem der Winkel, den die Membranstücke b c und c b^1 (Taf XI. Fig. 4 und 5) mit einander bilden, immer grösser ($b^1 c^1 b^2$, $b^2 c^2 b^3$) und schliesslich zur geraden Linie wird. In gleicher Weise sieht man an der von aussen betrachteten verticalschief oder horizontal stehenden Wurzelspitze zuerst das zickzackförmige Ineinandergreifen, zuletzt das ebene Aneinanderstossen der Segmente, indem die Linien l n, n l^1, $l^1 n^1$, $n^1 l^2$ etc. in Taf. XI, Fig 3 zur Geraden werden.

Ein ganz analoger Process findet an der äusseren Fläche der Segmente von Wurzeln statt. Dieselben greifen zuerst zickzackförmig in die Wurzelkappen. Die Stücke a e, e a^1, $a^1 e^1$, $e^1 a^2$, $a^2 e^2$ etc. in Taf. XI Fig. 4 verändern nach und nach ihre Lage; zuletzt sind sie der Oberfläche des Wurzelkörpers parallel. Diese hat zunächst der Scheitelzelle treppenförmige Absätze; in einiger Entfernung davon ist sie glatt geworden. Es gibt Wurzeln, bei denen diese Erscheinung sehr auffällig ist, andere dagegen, wo sie leicht übersehen wird. Sie tritt natürlich um so deutlicher hervor, je grösser das Stück der schiefen Hauptwände ist, das von der die Wurzelkappe bildenden Querwand abgeschnitten wird (a e in Fig. 4). Wenn diese Querwand sich in den obern Ecken resp. Kanten der Scheitelzelle ansetzt, so kann eine zickzackförmig oder treppenförmig eingeschnittene Oberfläche überhaupt nicht entstehen.

Die ursprünglich dreieckig-tafelförmigen Segmente behalten also im Wesentlichen ihre Gestalt. Aber nur die basiskope Hauptwand bleibt unverändert; von der akroskopen Hauptwand behält bloss der grössere mittlere Theil seine Lage, eine Randzone wird ringsum zurückgestülpt, und bildet schliesslich den akroskopen Theil der Seitenwand.

Die erste in jeder Segmentzelle auftretende Wand steht senkrecht auf den Hauptwänden, ist also auf die ganze Wurzel bezogen eine radiale Längswand. Es entstehen dadurch zwei n e b e n einander liegende Zellen, die jedoch in Bezug auf Form und Grösse ungleich sind, indem die Theilungswand, welche die Aussenwand der Segmentzelle meist in nahezu gleiche Stücke theilt, nach innen nicht bis an den Grund derselben, sondern in sanfter Krümmung gegen eine

---

*) Es gilt die ganze folgende Betrachtung ebenso auch für die Stengel mit dreiseitiger Scheitelzelle.

der Seitenwände verläuft und sich an deren innerem Theile ansetzt (Taf. XI, Fig. 1, die Wand g h q p theilt die Segmentzelle a d e und setzt sich in p q an die Seitenwand a b e f an). Auch der Verlauf dieser Wände lässt sich in den meisten Fällen auf die Schraubenlinie zurückführen, die sich aus der Folge der in der Scheitelzelle auftretenden Theilungen ergibt. Diese Scheidewände treffen nämlich meistens die anodischen Seitenflächen jeder Segmentzelle, und sind dann also unter sich homodrom. Doch kommen auch Fälle vor, wo der Ansatz an der kathodischen Seitenfläche geschieht, und zwar entweder gleichmässig in allen drei Segmentzellen, die auf einem Querschnitte zur Ansicht kommen, oder was indess noch seltener ist, nur in einer oder zwei derselben. Homodrome Wände sieht man in Taf. XIII, Fig 7, 8 und 9, wo sie mit s bezeichnet sind, ferner in Taf. XIV, Fig. 5 und 6, in Taf. XV, Fig. 5 und 6, in Taf. XVI, Fig. 5. Heterodromie dagegen kommt in Taf. XII, Fig. 8 vor.

Jede Segmentzelle zerfällt also durch diese erste Theilungswand in zwei nebeneinander liegende Zellen, die wir, da jede ungefähr ein Sechstel des Querschnittes einnimmt, Sextanten nennen wollen; wie auch die Wand, welche ihre Entstehung veranlasste, als Sextantenwand (s) bezeichnet werden soll. Die beiden Sextanten eines Segmentes sind, wie es ja der Verlauf der Sextantenwand bedingt, in Form und Grösse von einander verschieden. Der kleinere, den Grund der Segmentzelle nicht erreichende ist nach innen keilförmig zugespitzt; der grössere bis an den Grund reichende ist daselbst auch durch den innersten Theil der dem kleineren Sextanten angehörigen Seitenfläche begrenzt. Bei Pilularia und Marsilia wie auch bei einigen Farnen sind die beiden Sextanten eines Segmentes nur wenig an Grösse verschieden, da hier die Sextantenwand nahe dem Mittelpunkte sich ansetzt; bei Equisetum (hiemale) hingegen, wo die Ansatzstelle derselben vom Centrum entfernter liegt, ist auch der Grössenunterschied der beiden Sextanten bedeutender.

In jedem der so enstandenen Sextanten bildet sich nun eine tangentiale (der Aussenwand des Segmentes parallele) Wand, welche denselben, indem sie die Sextantenwand meist in ihrem inneren Drittel trifft, in eine kleinere Innen- und eine grössere Aussenzelle theilt. In Taf. XI, Fig. 1 theilt sich die Sextantenzelle a h p durch die Wand k i l m und die Sextantenzelle h p e d durch die Wand m l n o (vrgl. ferner Taf. XII, Fig. 9, c; Taf. XIII, Fig. 2, c, c; Taf. XIV, Fig. 7, c, c; Taf. XV, Fig. 1 und 3, c, c). Bei einigen Farnen sind jedoch diese beiden Zellen an Tiefe gleich; diess ist um so mehr der Fall, je grösser sie sind. An dickeren Wurzeln beobachtet man auch den Fall, dass sich die erwähnte Scheidewand in der äusseren Hälfte der Sextantenwand ansetzt, und dass dadurch die Innenzelle tiefer wird als die Aussenzelle.

Um die Zeit der Ausbildung dieser Wand oder bald nach ihrer Entstehung sind die Hauptwände der Segmente schon nahezu rechtwinklig zur Längsachse der Wurzel gestellt. Wenn man daher durch einen in diesem Entwicklungsstadium befindlichen Wurzeltheil einen Querschnitt führt, so werden die Segmente nahezu parallel ihren Hauptwänden getroffen. Der Querschnitt erscheint uns aus drei Segmenten zusammengesetzt, deren jedes ungefähr ein Drittel der Kreisfläche

einnimmt, und den Verlauf und Ansatz der Sextantenwand, wie auch der eben beschriebenen Theilungswand zeigt (Taf. XI, Fig. 7, wo h die drei Hauptwände, s die drei Sextantenwände, und c die in den Sextanten auftretenden, tangentialen Längswände sind).

Von dem Mittelpunkte des Kreises aus verlaufen nämlich in radialer Richtung drei Linien (h), die den Seitenwänden der Segmente, also Theilen der Hauptwände entsprechen, und den Kreis in drei nahezu gleiche Kreisausschnitte theilen, deren jeder einem Segmente entspricht. Jeder Kreisausschnitt ist durch eine ebenfalls radial verlaufende Linie (s) in zwei Hälften zerlegt. Diese Sextantenwand halbirt den Bogen des Kreisausschnittes und setzt sich an einer der drei im Centrum zusammenstossenden Linien (h) an. Jeder der so gebildeten Sextanten ist durch eine tangentiale Wand (c) in eine Aussen- und eine Innenzelle getheilt. Da diese Wände in den benachbarten Zellen aneinanderstossen, so umschliessen sie ein ziemlich regelmässiges Sechseck, das jedoch in manchen Fällen durch Convexwerden der Seiten mehr oder weniger in die Form eines Kreises übergeht (vrgl. Taf. XI, Fig. 7; Taf. XII, Fig. 8; Taf. XIV, Fig. 5 und 6; Taf. XV, Fig. 5).

Die Bildung dieser tangentialen Wände und die dadurch entstehende Anordnung der Zellen ist für die Differenzirung der Gewebe insoferne von besonderer Bedeutung, als durch sie die Trennung in Rinde (sammt Epidermis) und centralen Cambiumcylinder durchgeführt wird. Jene nämlich bildet sich aus den 6 peripherischen, dieser aus den 6 Innenzellen. Die Unterscheidung beider in ihrer Anlage lässt sich demnach bis zur Scheitelzelle verfolgen.

Die eben genannte, jeden Sextanten in eine Cambium- und eine Rindenzelle zerlegende Wand soll in der Folge als Cambiumwand (C) bezeichnet werden.

Bis zu diesem Stadium der Ausbildung zeigen alle Wurzeln der Gefässcryptogamen, insoferne sie wegen ihrer dreiseitigen Scheitelzelle hieher gehören, genau dieselbe Aufeinanderfolge der Theilungen, mögen sie nun als Wurzeln erster Ordnung unmittelbar aus dem Stengel entspringen, oder deren letzten Verzweigungen angehören. Nicht so verhält es sich jedoch mit der weiteren Theilungsfolge, die nach dem Grade der Entwicklung der einzelnen Gewebepartieen nothwendigerweise mannigfache Modificationen erleidet. Die Wurzeln erster Ordnung übertreffen in den meisten Fällen die der letzten Ordnung an Dicke um ein vielfaches, was ebensosehr in dem Mächtigerwerden des Cambiumcylinders als auch der Rinde seinen Grund hat. Demgemäss zeigt uns auch der Querschnitt je nach der Dicke der Wurzel schliesslich eine verschiedene Anzahl Rinden- und Cambiumzellen. Bei dünnen Wurzeln tritt in dem Cambiumcylinder nur eine äusserst geringe Zellvermehrung ein, und derselbe nimmt von seiner Anlage an kaum an Dicke zu. Der umgebende Ring der 6 peripherischen Zellen erleidet daher nur eine sehr unbedeutende passive Ausdehnung, und die erste Theilung in ihnen geschieht durch eine tangentiale Wand. Anders verhält es sich bei den dickeren Wurzeln, wo der Cambiumcylinder rasch anwächst, und wo in dem sich erweiternden Ring der 6 peripherischen Zellen zunächst radiale Wände auftreten, auf welche dann erst die tangentiale Wand folgt.

Durch diese tangentiale Wand zerfällt jede der 6—12 Zellen, welche den Cambiumcylinder umgeben, in eine innere und eine äussere Zelle (Taf. XIII, Fig. 2, c in Segment VII). In den meisten Fällen tritt in der äusseren Zelle nie mehr tangentiale Theilung ein; sie ist daher schon als Epidermis zu betrachten, und wir nennen daher diese tangentiale Wand: Epidermiswand. Bei manchen Farnen (Polypodium, Blechnum, Cystopteris) theilt sich diese Zelle jedoch noch einmal tangential (Taf. XV, Fig. 3 und 7, durch die Wand f, f), in welchem Falle die äussere der so entstehenden Zellen zur Epidermis wird. Uebrigens kann man auch die innere Zelle als zur Epidermis gehörig auffassen, wofür ausser der Entstehung noch der Umstand spricht, dass eine weitere tangentiale Wand in ihr ebenfalls gewöhnlich nicht auftritt, und dass sie in Bezug auf die Anzahl der in ihr sich bildenden, radialen Wände mehr mit der Epidermis, als mit den innen gelegenen Rindenzellen übereinstimmt (Taf. XV, Fig. 3 und 7, q.).

Die innere Zelle, d. h. diejenige, welche sich zwischen dem Cambiumcylinder und der Epidermis befindet, ist als primäre Rindenzelle zu bezeichnen, denn aus ihr geht das gesammte Rindenparenchym hervor. Die nächste Wand, durch die sie sich theilt, ist eine tangentiale Längswand, also der Cambium- und Epidermiswand parallel, und soll in der Folge als Rindenwand bezeichnet werden. Sie trennt die äussere und innere Rinde, eine Differenz, die aber nur in dickeren Wurzeln deutlich wird. In den dünnsten Wurzeln theilt sich die äussere an die Epidermis anstossende Zelle höchstens noch einmal tangential, die innere ebenfalls einmal, oder in centripetaler Folge zweimal, und damit ist dann das Dickenwachsthum des Rindentheils vollendet.

Die radialen Theilungen treten in diesen dünnen Wurzeln zuerst in der Epidermis auf und schreiten dann, dem Dickenwachsthume entsprechend, nach innen fort. Bei den dünnsten Wurzeln von Equisetum hiemale zum Beispiele erscheint nur die Epidermis und die einfache Zellschicht der äusseren Rinde, und zwar durchschnittlich jede Zelle einmal, radial getheilt, in der inneren Rinde hat keine radiale Theilung stattgefunden (Taf. XIII, Fig. 1, um den Cambiumcylinder herum liegen 6 innere Rindenzellen z; Fig. 10, y äussere, z innere Rinde).

Bei den dickeren Wurzeln wiederholen sich die tangentialen Theilungen in der äusseren Rinde meistens noch ein- oder mehrmals, und zwar vorherrschend in centrifugaler Folge. Sie besteht zuletzt bis aus 5 Zellschichten In der inneren Rinde dagegen, deren concentrische Zellschichten bis auf die Zahl von 8 steigen können, schreitet die Theilung durch tangentiale Wände ziemlich strenge von aussen nach innen fort, so dass je die innerste Zelle einer radialen Reihe theilungsfähig bleibt. In Taf. XI, Fig. 6 ist die innere Rindenzelle (r c), im Segment XIII noch ungetheilt; im Segment X ist sie in zwei Zellen getheilt, wovon die innere im Segment VII abermals getheilt ist; im Segment IV hat sich die Theilung in der innersten Zelle des Segmentes VII noch einmal wiederholt. In Taf. XIII, Fig 5 und 10 besteht die innere Rinde (z) aus drei Zellen; die innere der beiden Scheidewände ist die zärtere und jüngere. In Taf. XVI, Fig. 10 sind die Wände ausserhalb der Zellschicht i-i die jüngsten.

Was die radialen Theilungen in den dickeren Wurzeln betrifft, so beginnen dieselben, wie bereits angegeben, schon vor oder unmittelbar nach Anlage der Epidermis. Diese Wände treffen die Cambiumwände in der Mitte und nahezu unter rechten Winkeln. Sie finden sich in allen, oder nur in einem Theil der 6 den Querschnitt ausfüllenden Sextanten. Die Zahl der radialen Reihen, die sich der Anlage nach auf 6 beschränkten, wird dadurch auf 7 bis 12 vermehrt, und die sechseckige Form des Cambiumcylinders geht in eine mehreckige über. Sowie nun aber mit den tangentialen Theilungen die Gewebe in die Dicke wachsen und die Zellenringe des Querschnittes sich auf grössere Durchmesser ausdehnen, so wiederholen sich die radialen Theilungen auch in der Rinde, wobei sie ziemlich regelmässig von aussen nach innen hin fortschreiten. In Folge dessen spalten sich die radialen Zellenreihen nach aussen dichotomisch (vgl. Fig. 10 auf Taf. XVI, wo auf 4 innerste Rindenzellen nach aussen 8 Zellen treffen). Je häufiger diese radialen Theilungen eintreten, um so mehr wird die regelmässige Anordnung, die in dünnen Wurzeln oft so überraschend dem Beobachter entgegentritt, gestört.

Die beiden Rindentheile unterscheiden sich nicht bloss dadurch von einander, dass die tangentialen Theilungen in dem äussern centrifugal, in dem innern centripetal fortschreiten, sondern es ist auch die Anordnung ihrer Zellen ungleich. Die Zellen der inneren Rinde nämlich sind, wenigstens in den jüngeren Stadien, genau in radiale Reihen geordnet, und zeigen, da die tangentialen Wände zweier benachbarter Reihen genau aufeinandertreffen, auch eine concentrische Anordnung. Die Zellen der äusseren Rinde dagegen liegen ohne Ordnung beisammen (Taf. XIII, Fig. 3 und 5, wo die innere Rinde (z) aus 3, die äussere (y) aus 2 Zellschichten besteht). Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass die intercellularen Luftgänge, welche häufig das Parenchym der Länge nach durchziehen, nur in der inneren Rinde auftreten und, der Gruppirung der Zellen entsprechend, ebenfalls in radiale Reihen und concentrische Ringe geordnet erscheinen. Die letzten Lufträume nach aussen liegen zwischen den letzten Zellen der inneren und den ersten der äusseren Rinde, die letzten Räume nach innen befinden sich zwischen den zwei innersten Schichten der inneren Rinde (Taf. XIII, Fig. 3; Taf. XVI, Fig. 10, 11, 12, wo z die innere Rinde, i die innerste Schicht derselben und y die äussere Rinde bezeichnet). Bemerkenswerth ist, dass diese Intercellularräume sich nur da, oder wenigstens da viel früher bilden, wo vier Zellen aneinanderstossen; an der Stelle, wo drei Zellen sich berühren, bleiben sie noch längere Zeit aus. — Die Luftgänge werden im Alter immer grösser, und vereinigen sich bisweilen durch Zerreissen und spätere Resorption des Gewebes zu einer grossen Luftlücke, die ringförmig den Gefässcylinder umgibt, wie dies bei Equisetum der Fall ist.

Auch an ausgewachsenen Wurzeln vieler Farne zeigt uns der Querschnitt nicht selten zwei anatomisch sich ganz verschieden verhaltende Rindentheile, indem die innern Rindenpartieen aus sehr stark verdickten, im Längsschnitt langgestreckten und fast prosenchymatischen Zellen bestehen, während die Zellen der äusseren Rinde bloss ihre Wände bräunen, dabei im Längsschnitt viel kürzer

sind, und mit horizontalen Wänden aneinandertreffen. In einigen Fällen unterscheiden sich die inneren Rindenzellen auch darin von den äusseren, dass sie sich nachträglich, nachdem das Dickenwachsthum aufgehört hat, wiederholt radial theilen, während die äusseren von diesem Theilungsprocesse ausgeschlossen bleiben. Es entsteht auf diese Weise eine kleinmaschige, den Gefässcylinder umschliessende Scheide (Taf. XV, Fig. 2, z), deren Zellen sich später sehr stark verdicken. Dadurch wird die Abgrenzung der beiden Rindentheile, besonders im Alter, um so auffallender, bis endlich die Zellen des äusseren Theiles zerstört werden, und nur die inneren stark verdickten Partieen als eine den Gefässcylinder umschliessende Scheide übrig bleiben. Es liess sich übrigens nicht mit Sicherheit nachweisen, ob dieser in älteren Wurzeln so deutlich hervortretende Unterschied der beiden Rindentheile genau mit der ursprünglichen, durch die Bildung der Rindenwand bewirkten Scheidung zusammenfällt.

Von diesem Verdickungsprocesse, wie auch von der radialen Theilung, bleiben jedoch die Zellen der innersten (an den Cambiumcylinder anstossenden) Rindenschicht ausgeschlossen. Anfangs sind sie dicht mit Inhalt erfüllt und deutlich unterscheidbar, im Alter jedoch werden sie ganz zusammengedrückt und dadurch undeutlich. Auch in den Wurzeln von Equisetum unterscheidet sich die innerste Schicht von den übrigen Zellen der inneren Rinde. Sie ist nämlich noch in einer Zeit vollkommen unversehrt, wo von dem übrigen Gewebe der inneren Rinde in Folge der Luftlückenbildung keine Spur mehr vorhanden ist. Wir werden später bei der Darstellung der Bildung der Seitenwurzeln noch weiter auf diese Schicht zu sprechen kommen.

Wir gehen nun zur Ausbildung des Cambiumcylinders über und werden entsprechend dem bisher eingehaltenen Gange wieder zuerst die einfachst gebauten Wurzeln berücksichtigen.

Wie schon früher erwähnt, wird der Cambiumcylinder schon durch die in der innern Hälfte jedes Sextanten sich bildende tangentiale Wand, die wir „Cambiumwand" genannt haben, angelegt. Er besteht daher gleich Anfangs aus 6 Zellen; nämlich 3 grösseren, im Mittelpunkte des Querschnittes zusammenstossenden, und 3 kleineren und kürzeren Zellen. Erstere stellen uns die innern Zellen der 3 grösseren, letztere die der 3 kleineren Sextanten dar (vgl. Taf. XI, Fig. 7 zwischen c und c; ebenso Taf. XV, Fig. 5, t-t). In Bezug auf die weitere Zellenvermehrung, die ungefähr zur Zeit der Entstehung der Rindenwand beginnt, kann man nun zwei wesentlich verschiedene Typen unterscheiden. Bei den meisten Farnen, wie auch bei Marsilia, tritt die erste Wand in jeder Zelle ausnahmslos zunächst der Peripherie auf, und ist der Cambiumwand parallel (Taf. XVI, Fig. 5, innerhalb c). Die äussere der beiden Tochterzellen ist von tafelförmiger Gestalt, und theilt sich sehr bald durch eine radiale Wand, die sich einmal wiederholen kann, so bei Pteris hastata und Blechnum occidentale (Taf. XV, Fig. 6, wo die Zellen, welche am Umfange des übrigen Cambiums innerhalb c und je zwischen s und h liegen, in 2, 3 oder 4 Zellen getheilt sind). Ausserdem kann ein- oder zweimalige tangentiale Theilung eintreten. Dadurch entsteht ein aus einer oder zwei (seltener mehr) Zellenschichten gebildeter Mantel, welcher das übrige Cam-

bium umhüllt und dessen Zellen sich von den innerhalb gelegenen Cambiumzellen immer durch ihre Grösse und ferner auch dadurch auszeichnen, dass sie in radialer Richtung etwas verlängert sind (Taf. XV, Fig. 2, p; Taf. XIV, Fig. 8, 9, 10, p). Sie lassen sich also, wenn sie überhaupt vorkommen, in allen Fällen schon nach diesen Merkmalen erkennen, was ferner auch dadurch erleichtert wird, dass sie immer ausserhalb der Gefässe und der im Alter ihre Wandungen verdickenden Cambiumzellen gelegen sind. Auch am Längsschnitte sind sie in vielen Fällen dadurch ausgezeichnet, dass ihre Zellen in Folge häufiger eintretender Quertheilungen eine geringere Länge zeigen, als die benachbarten Rinden- und Cambiumzellen (Taf. XV, Fig 3 u. 7 p).

Dieser ausserhalb der Gefässe liegende ein oder mehrschichtige Ring weiter Cambiumzellen ist auch bei den Phanerogamen sehr häufig vorhanden, und spielt dort bei der Anlage von Seitenwurzeln eine wichtige Rolle. Wir wollen ihn in Zukunft als Pericambium bezeichnen.

Die 6 ursprünglichen Zellen, welche auf dem Querschnitt der Wurzel innerhalb der zum Pericambium werdenden Zellen liegen, theilen sich meist durch tangentiale Wände, die mit radialen abwechseln; es können auch und zwar vorzüglich bei dickeren Wurzeln schief verlaufende Wände auftreten. Uebrigens ist in allen Fällen vorherrschend eine centrifugale Theilungsfolge bemerkbar (Taf. XV, Fig. 6; in B sind die Wände innerhalb des Pericambiums p—p nach ihrer Entstehungsfolge numerirt).

Einen anderen Theilungsvorgang beobachten wir in solchen Wurzeln, in denen kein Pericambium gebildet wird, wie diess bei Equisetum der Fall ist. Hier tritt zuerst in einer oder allen der drei den grösseren Sextanten entsprechenden Zellen, und zwar in ihrer inneren Hälfte, je eine tangentiale Wand auf, wodurch eine innere Zelle abgeschnitten wird, die sich dann nicht mehr weiter theilt (Taf. XIII, Fig. 1, wo der Cambiumcylinder in Folge dieser Theilung aus 9 Zellen besteht; in Fig. 7, 8 u. 9 sind die betreffenden Wände mit 3 bezeichnet). In den 6 Zellen hingegen, welche diese 1—3 inneren Zellen umschliessen, geschieht die weitere Theilung vorherrschend durch schiefe gegen einander geneigte Wände (Taf. XIII, Fig. 7, die Wände 4 u. 5) und schreitet von dem Centrum gegen die Peripherie des Cambiumcylinders fort, wo auch die Zellen zuletzt am kleinsten sind. Hier geht also die Zellenbildung vorherrschend in centrifugaler Richtung vor sich.

Die Gefässbildung beginnt in der grossen Mehrzahl der Fälle an zwei sich diametral gegenüber liegenden Punkten, wie diess ausnahmslos bei allen Farnen und in der Regel bei den dünnen Wurzeln überhaupt der Fall ist. Nur bei den dickeren Wurzeln von Equisetum und Pilularia finden wir 3, bei ersterer Gattung, wiewohl selten, auch 4 ursprüngliche Vasalstränge. Bei denjenigen Pflanzen, bei welchen kein Pericambium gebildet wird, stossen die ersten Gefässe unmittelbar an die innersten Rindenzellen an, während sie dort, wo Pericambium vorhanden ist, innerhalb desselben gelegen sind. Von diesen peripherischen Punkten schreitet nun die Gefässbildung meist sogleich nach innen fort, wodurch radiale, im Centrum des Gefässcylinders zusammenstossende, Reihen von

Gefässen gebildet werden. Demgemäss zeigen uns auch Querschnitte, die aus älteren schon verholzten Wurzeltheilen genommen wurden, die Gefässe entweder in einer den Gefässcylinder durchsetzenden Reihe, oder in Form eines 3- oder 4-strahligen Sternes geordnet. Oefters beobachtet man, dass, bevor nach Bildung des ersten Gefässes die Gefässbildung nach innen fortschreitet, sich zuerst rechts und links von jenem ein Gefäss ausbildet, wie dies bei Marsilia und mehreren Pterisarten der Fall ist (Taf. XVI, Fig. 12, innerhalb der beiden mit a bezeichneten Zellen liegen je 3 durch ihre dunkeln Wandungen kenntliche Gefässe).

Was die morphologische Deutung der die ersten Gefässe bildenden Zellen betrifft, so ist bei Vergleichung ihrer Stellung mit der ursprünglichen Zellengruppirung, von vornherein klar, dass sie dort, wo 2 gegenüber liegende oder 4 in's Kreuz gestellte Gefässgruppen vorhanden sind, insofern morphologisch ungleichwerthig sein müssen, als die opponirten Gefässe in ungleichen Sextanten in einem grösseren und einem kleineren gelegen sind; während sie bei Vorhandensein von drei Vasalsträngen gleichwerthig sein können. Eine genaue und sichere Bestimmung der Theilungsfolge von der Anlage der 6 primären Cambiumzellen an bis zum Sichtbarwerden der ersten Gefässe ist jedoch nur dort möglich, wo der Cambiumcylinder aus sehr wenigen Zellen besteht, in welchem Falle er, wie wir schon bemerkt haben, immer nur zwei ursprüngliche Vasalstränge besitzt. In den meisten hieher gehörigen Fällen liegen die zwei Punkte, an denen die Gefässbildung beginnt, diametral gegenüber. Da wir nun bei Equisetum nicht selten Cambiumcylinder finden, deren Zellenzahl im Querschnitte nicht mehr als 9 beträgt, und da wir ferner wissen, dass hier die ersten in den 6 ursprünglichen Cambiumzellen auftretenden Theilungen die Bildung der 3 inneren Zellen bedingen, so werden wir schon im vorhinein die beiden ersten Gefässe ihrer Entstehung nach richtig deuten können. Es muss nämlich das eine Gefäss aus der ungetheilten Zelle eines kleineren Sextanten, das andere aus der äusseren Zelle eines einmal getheilten grösseren Sextanten entstehen, wie es auch durch directe Beobachtung nachgewiesen werden kann*) (Taf. XIII, Fig. 7 u. 10, wo das

---

*) Es ist allerdings in den wenigsten Fällen möglich, die Aufeinanderfolge der Längstheilungen der Zellen auf einem Querschnitte des Cambiumcylinders in späteren Stadien desselben mit Sicherheit zu verfolgen. Zur Zeit des Sichtbarwerdens der ersten Gefässe ist die Deutung der Wände in Folge von mancherlei Verschiebungen schon sehr unsicher; die anfangs deutlich erkennbaren Haupt- und Sextantenwände sind nicht mehr erkennbar. und es verschwindet so jeder Anhaltspunkt zur Aufstellung eines Theilungsschemas. Wie wir jedoch später sehen werden, ist die Lage der Scheitelzelle einer Seitenwurzel gegen die Längsachse der Mutterwurzel in allen Fällen dieselbe. Sie kehrt nämlich der Spitze der Mutterwurzel eine Kante, dem Grunde derselben eine Fläche zu. Dadurch ist aber auch die Lage der Hauptwände und theilweise auch der Sextantenwände gegeben. Da nun ferner die Lage der beiden ersten Gefässe der Seitenwurzel ebenfalls immer dieselbe ist, so lassen sich bei wenigzelligen Cambiumcylindern die Zellen bestimmen, welche sich zu Gefässen umbilden. Diese Anhaltspunkte sind auch bei Aufstellung des Theilungsschemas mehrzelliger Cambiumcylinder von grossem Vortheile, und es ist daher am besten, dafür Querschnitte aus Seitenwurzeln zu benützen, die noch theilweise im Gewebe der Mutterwurzel stecken.

Schema in B die morphologische Bedeutung der beiden Gefässe g, g angiebt; in Fig. 7 entspricht das Gefäss auf der rechten Seite einem ganzen kleineren, das Gefäss auf der linken Seite der äusseren Hälfte eines grösseren Sextanten; in Fig. 10 ist es umgekehrt). Näheres folgt im speciellen Theil.

Anders verhält es sich dort, wo die zwei ersten Gefässe sich nicht diametral gegenüber liegen, sondern nur um ein Drittel des Umfanges von einander entfernt sind, wie es bei Pilularia vorkommt. Hier sind die Gefässe morphologisch gleichwerthig, und zwar entstehen sie aus dem ungetheilt bleibenden cambialen Theile zweier kleinerer Sextanten, während der dritte unverändert bleibt. In den Wurzeln dieser Pflanze kommen nicht blos solche diarche unsymmetrische, sondern ebenso häufig auch triarche symmetrische Vasalgruppen vor, deren 3 peripherische Enden den Umfang des Gefässcylinders genau in 3 gleiche Theile theilen. Dies lässt vermuthen, was durch directe Beobachtung wegen des complizirteren Baues der Wurzeln nicht ermittelt werden konnte, dass die Entstehungsweise der zu den 3 ersten Gefässen sich umwandelnden Cambiumzellen bei triarchen Vasalmassen dieselbe sei, wie bei diarchen, und dass bei jenen die Cambiumzellen aller drei kleineren Sextanten zur Gefässbildung verwendet werden. (Taf. XVI, Fig. 14 zeigt den Gefässcylinder einer dünnen Wurzel von Pilularia, und in B das dazu gehörige Theilungsschema; die beiden kleineren Sextanten g, g haben sich in Gefässe umgewandelt, der dritte g′ nicht).

Noch vor dem Auftreten der ersten Gefässe beobachtet man an ebenso vielen (2, 3, 4) peripherischen Stellen des Cambiumcylinders, welche in der Mitte zwischen den Gefässen liegen, und übereinstimmend mit denselben, entweder unmittelbar an die Rindenzellen oder an das Pericambium anstossen, eine lebhafte Zellentheilung. Wenn Pericambium vorhanden ist, so werden nicht selten auch dessen innerste Zellen mit von der Vermehrung ergriffen, so dass dann der innerhalb desselben gelegene Theil des Cambiumcylinders hier in radialer Richtung etwas vorgezogen erscheint (Taf. XIV, Fig. 10, innerhalb p′, wo das Pericambium auf eine kurze Strecke einschichtig ist, während es sonst überall aus zwei Schichten besteht). Kurze Zeit, ehe die ersten Gefässe von den umgebenden Zellen sich unterscheiden, beginnen schon die mit denselben alternirenden kleinmaschigen Gewebegruppen ihre Wandungen zu verdicken. Dieser Verholzungsprozess geht von aussen nach innen. Die dickwandigen Zellen haben eine gelbliche Färbung und sehen manchen Bastzellen höherer Pflanzen nicht unähnlich. Ohne Zweifel sind sie als Bastkörper (Phloëm) zu bezeichnen. Dafür spricht namentlich auch die Analogie mit den Wurzeln der Phanerogamen, wo in gleicher Weise die Bastbündel mit den ursprünglichen Vasalsträngen alterniren. Taf. XVI, Fig. 12 zeigt innerhalb a und a die beiden primordialen Vasalstränge und in b, b die beiden Phloëmstränge, jeden aus 2 etwas dickwandigen Zellen bestehend.

Wir haben nun noch das Wechselverhältniss zwischen dem Wachsthum der Wurzelhaube und dem des Wurzelkörpers, insoferne dies durch Theilungen der Scheitelzelle bedingt ist, zu erörtern. Es handelt sich nämlich darum, zu bestimmen, ob nicht die spiralige Folge der schiefen, die Segmente abschneidenden Wände nach bestimmten Intervallen, etwa nach einem jedesmaligen Umlaufe, durch

eine Querwand unterbrochen werde, wie diess Hofmeister*) für Aspidium Filix mas und Hanstein**) für Marsilia angibt. Wenn dies richtig ist, so muss, im Längsschnitte gesehen, jedes folgende Segment seitlich von einer neuen Wurzelkappe bedeckt, oder es muss wenigstens die Anzahl der auf einer Seite zu zählenden Segmente der Anzahl der auf gleicher Länge sich ansetzenden Kappen gleich sein, wobei zu berücksichtigen ist, dass die Kappen bald ein- bald zweischichtig sind. Diess wurde zweifellos in vielen Fällen wirklich beobachtet, so z. B. bei Equisetum hiemale (Taf. XII, Fig. 9; Taf. XIII, Fig. 2), wo jede Kappe aus zwei Zellschichten besteht, und wo jedem Segment zwei Zellschichten entsprechen.

In anderen Fällen hingegen ist eine solche Regelmässigkeit nicht wahrzunehmen, indem nicht selten die Anzahl der Schichten der Wurzelhaube durchaus kein bestimmtes Verhältniss zu der Zahl der auf einer Seite von ihnen bedeckten Segmente zeigt, also weder ihrer einfachen noch doppelten Zahl entspricht, sondern zwischen beiden die Mitte hält. Es kann diess auf zweierlei Weise erklärt werden. Entweder wird nach jedem Umlaufe der schiefen Theilungen eine primäre Kappenzelle gebildet, wobei jedoch nur die eine oder die andere derselben durch Quertheilung in zwei Schichten zerfällt. Oder es treten die Quertheilungen in der Scheitelzelle auch in kürzeren gleichen Intervallen, etwa nach Bildung von je zwei schiefen Wänden, oder auch nach ungleichen Intervallen ein. Welcher von diesen beiden möglichen Fällen der Wirklichkeit entspreche, lässt sich oft nicht bestimmen, da die Deutung einer Wurzelhaubenschicht, ob sie nämlich unmittelbar aus der Scheitelzelle oder durch Halbirung einer Kappe entstanden sei, schon bald nach ihrer Entstehung höchst schwierig, in älteren Stadien aber geradezu unmöglich ist. Manchmal indess, und dies gilt für viele Farne, kann aus der Entwicklungsschichte gezeigt werden, dass eine Quertheilung der Kappen in je zwei Schichten bei der betreffenden Pflanze überhaupt nicht vorkommt, und dass daher die Zahl der Kappen gleich zu setzen ist der beobachteten Schichtenzahl.

Es gibt noch ein anderes Mittel, um die Zahl der aus der Scheitelzelle gebildeten Kappen zu bestimmen. Wir haben früher schon angegeben, dass dieselben anfänglich zickzackförmig in die Segmente eingreifen. Dem entsprechend zeigt die Epidermis noch einige Zeit lang zahnartige Vorsprünge an den Stellen, wo die Kappen sich ansetzen. In jüngeren Stadien stellt es sich oft auch so dar, als ob die Epidermis in acropetaler Richtung sich dichotomisch theile und in zwei Zellschichten übergehe, nämlich in die Epidermis des anliegenden jüngeren Segmentes und in die darüberliegende Kappe. Sind diese zahnartigen Vorsprünge hinreichend deutlich, so geben sie die sichersten Anhaltspunkte für die Erklärung der Kappen. Häufig werden sie aber schon nahe unter der Scheitelzelle verwischt, und es lässt uns dann auch dieses Mittel im Stich, um einen Schluss auf die Theilungen in der Scheitelzelle zu ziehen.

---

*) Beiträge zur Kenntniss der Gefässcryptogamen Heft II pag. 648.
**) Pringsheim's Jahrbücher Bd. IV, 197.

Nimmt man alle Mittel bei den Beobachtungen zu Hilfe, so erhält man als allgemeines Resultat, dass in den Wurzeln mit dreiseitiger Scheitelzelle durchschnittlich nach je 3 Segmenten eine Kappe gebildet wird. Es gibt Wurzeln, wo dieses Verhältniss constant zu sein scheint. Es gibt andere, wo sich die Zahl der Segmente zu derjenigen der Kappen wie 9 : 4 oder selbst wie 2 : 1 verhält. Es kommt aber auch vor, dass je 4 Segmente aus der Scheitelzelle entstehen, ehe wieder eine Kappe abgeschnitten wird.

Wenn die Wurzeln eine bestimmte Grösse erreicht haben, so beginnen sie meist sich zu verzweigen. Die Stellung der Seitenwurzeln einer beliebigen Ordnung ist, wie bekannt, von der Stellung der in der betreffenden Mutterwurzel verlaufenden primordialen Gefässgruppen abhängig. Da nun jene sich immer nur an der äusseren Seite der letzteren bilden, diese aber in allen Wurzeln einen nahezu parallelen Verlauf haben, so sind auch die Seitenwurzeln in Längsreihen geordnet, deren Zahl von der Anzahl der die Mutterwurzel durchziehenden Primordialstränge abhängig ist. Die Wurzeln der Gefässkryptogamen besitzen deren, wie schon oben erwähnt wurde, in der grossen Mehrzahl der Fälle nur zwei, und wir finden daher die Seitenwurzeln fast immer in zwei sich diametral gegenüberliegende Längsreihen geordnet.

Was die Anlage der Seitenwurzeln betrifft, so ist hervorzuheben, dass dieselben nicht etwa aus Cambiumzellen, sondern aus Zellen der innersten, an den Cambiumcylinder anstossenden Rindenschicht entstehen. Es grenzt also die Mutterzelle einer Wurzel, wenn kein Pericambium gebildet wird, unmittelbar an die Spiral- oder Ringgefässe an, wie dies bei Equisetum der Fall ist; oder sie wird, wenn jenes vorhanden ist, durch eine oder mehrere Zelllagen desselben von den Gefässen getrennt. Da nun die Rindenzellen in Längsreihen geordnet sind, so gehören die Mutterzellen der vor einem Gefässstrange angelegten Wurzeln alle einer solchen Längsreihe an. Bei einigen Pflanzen, wie zum Beispiele bei mehreren Baumfarnen, vor allem aber bei Marsilia, sind sämmtliche einer solchen Längsreihe angehörige Zellen durch eine grössere Weite ausgezeichnet und daher auf jedem Querschnitte sehr leicht zu erkennen (Taf. XVI. Fig. 12, a, a); sie zeichnen sich aber auch auf Längsschnitten vor den benachbarten Zellen durch ihre Kürze aus. Bei Platycerium alcicorne, Polypodium aureum, dimorphum, etc., bei welchen Pflanzen sich die inneren Rindenschichten zu einer Scheide langgestreckter, stark verdickter Zellen ausbilden, bleiben diese vor den Gefässen liegenden Zellreihen von der, sonst im ganzen Umfange eintretenden stärkeren Theilung (vergl. pag. 83), wie auch vom Verdickungsprocesse ausgeschlossen. Einen analogen Charakter, wie diese beiden Zellenreihen, zeigen oft auch die ausserhalb derselben liegenden Rindenzellen. Man beobachtet dann in der kleinmaschigen Scheide zwei gegenüberliegende spaltenförmige Räume, die aus grossen und dünnwandigen Zellen bestehen. Hier ist nachträgliche Theilung durch tangentiale und radiale Wände ausgeblieben. Jede dieser beiden Rinden-

partieen entspricht nahezu einem Sechstel des Querschnittes, und es ist höchst wahrscheinlich, dass sie genau aus einem ursprünglichen Sextanten hervorgegangen ist. Es gibt also in diesen Wurzeln zwei ausgezeichnete Sextanten, die nicht blos durch das Vermögen, die ursprünglichen Gefässstränge und die Wurzelanlagen zu bilden, sondern auch durch eine geringere Bildungsthätigkeit in den Rindenschichten von den übrigen sich unterscheiden (Taf. XV, Fig. 2, a).

Diese auf dem Querschnitte so bemerkbare Verschiedenheit zweier Sextanten ist jedoch nur in einzelnen Fällen vorhanden, und es fehlen häufig in der Scheide verholzter Rindenzellen die beiden Spalten gänzlich (Pteris, Blechnum). Oefter sind sogar die beiden der innersten Rindenschicht angehörigen Längsreihen, welche die Seitenwurzeln bilden, nicht einmal durch die Grösse ihrer Zellen vor den übrigen ausgezeichnet, wodurch jeder Anhaltspunkt zur Auffindung einer Wurzelanlage verschwindet.

Wenn eine Wurzelanlage gebildet werden soll, so beginnt sich zuerst eine der genannten Rindenzellen nach allen Dimensionen rasch zu vergrössern. Es tritt nun entweder der Fall ein, dass schon die erste in dieser Zelle entstehende Wand schief gestellt ist, und zu einer Seitenfläche der später dreiseitig werdenden Scheitelzelle wird, oder es gehen der Bildung derselben noch andere Theilungen voraus, wie es bei manchen Farnen beobachtet wurde. In diesen Fällen waren die wurzelbildenden Zellen bedeutend in die Länge gestreckt, und die vor der schiefen Theilung aufgetretene Querwand hatte offenbar nur den Zweck, die Mutterzelle der Wurzel möglichst isodiametrisch zu machen (Taf. XVI, Fig. 3; die Zelle a - b, welche die Länge der übrigen Zellen der gleichen Reihe hat, theilte sich zunächst durch die Querwände c und d, welche auf der optischen Ebene senkrecht stehen, dann folgten die zur optischen Ebene schief geneigten Wände 1, 2, 3, 4, wodurch die Segmente I, II, III, IV gebildet wurden). Die erste schiefe Wand, also diejenige, welche das erste Segment abschneidet, ist immer von der Spitze der Mutterwurzel abgekehrt (Taf. XVI, Fig. 3, 4, 7 Wand 1 und Segment I); dieser folgen dann die beiden anderen, ebenfalls schiefen Wände, die also in Bezug auf die Mutterwurzel rechts und links gestellt erscheinen (Taf. XVI, Fig. 3, Wände 2 und 3; Fig. 1, 2, 6, Segmente II und III). Durch diese 3 Wände ist nun die dreiseitige Scheitelzelle gebildet, welche der Spitze der Mutterwurzel eine Kante, dem Grunde derselben eine Fläche zukehrt. Die nächste Wand schneidet eine Zelle für die Wurzelhaube (Taf. XVI, Fig. 1, 2, 6, k) ab, und nun geht die Weiterbildung auf die oben erörterte Weise vor sich, indem die nächsten 3 schiefen Wände den ersten drei parallel laufen. (Taf. XVI, 1, 3).

Durch die Lage der Scheitelzelle ist natürlich auch die Lage der Segmente und der aus ihnen entstehenden Sextanten bestimmt. Wenn nach Differenzirung des Cambiumcylinders der Querschnitt desselben ein Sechseck zeigt (pg. 80), so müssen, der Lage der Scheitelzelle entsprechend, 2 Seiten desselben der Längsachse der Mutterwurzel parallel sein. An jungen Wurzeln, deren Spitze die Rinde der Mutterwurzel entweder noch nicht, oder eben erst durchbrochen hat, ist diess denn auch die normale Lage des Sechseckes (Taf. XVI, Fig. 5, c–c).

Haben die Wurzeln aber eine grössere Länge erreicht, und beginnt so der Grund derselben zu verholzen, so wird diese ursprüngliche Lage durch Drehungen der Wurzel und Verschiebungen der Zellen nicht selten mehr oder minder verändert. Ganz normal erscheint diese Verschiebung des Sechseckes bei Equisetum (Taf, XIII., Fig. 10), Hier nämlich sind zwei Seiten desselben rechtwinklich auf die Längsachse der Mutterwurzel gestellt, was mit der, durch das Ausdehnungsbestreben der innersten Rindenzellen bewirkten Verschiebung, nach welcher die 3 Hauptwände nicht auf die Ecken, sondern auf die Seiten des Sechseckes treffen, zusammenhängt (Vergl. den speciellen Theil).

Die ersten Gefässe sind, wenn zwei Gefässstränge vorhanden, was ja am häufigsten der Fall ist, ohne Ausnahme rechts und links gestellt, liegen also bei normaler Lage des Sechseckes an den Seiten, bei Equisetum in den Winkeln desselben (Taf. XIII., Fig. 10). Da sich diess nun bei jeder Verzweigung höherer Ordnung ganz in derselben Weise wiederholt, und da die Seitenwurzeln ziemlich genau rechtwinklig abgehen, so schneiden sich die Verzweigungsebenen der successiven Ordnungen ebenfalls unter rechten Winkeln, und es stimmen daher die Wurzeln 4ter Ordnung mit denen der ersten in der Lage der Gefässe und in der Verzweigungsrichtung überein.

In dem Maasse, als die junge Wurzel sich vergrössert, werden auch die seitlich und nach aussen gelegenen Rindenzellen zusammengedrückt. Zwar nimmt die nach aussen unmittelbar anliegende Zellenschicht anfangs an der Ausdehnung wenigstens passiv Theil, indem sie von der sich vergrössernden Wurzel nach aussen gedrängt, dieselbe noch einige Zeit mützenartig überzieht, öfters auch ihre Zellen durch Bildung radialer Wände vermehrt (Taf. XVI, Fig. 1 und 2, die Zellen über II, k, III). Bald jedoch wird sie sammt den darüber liegenden Zellenschichten durchbrochen, und die junge Wurzel gelangt nahezu rechtwinklig auf der Längsachse der Wurzel nach aussen.

Es wurde schon oben erwähnt, dass in der grossen Mehrzahl der Fälle, überall dort nämlich, wo ein Pericambium vorhanden ist, die in der innersten Rindenschicht sich entwickelnde Wurzelanlage von den innerhalb gelegenen Gefässen durch eine oder zwei Zellenschichten getrennt ist. Indem sich nun diese Zellen nach verschiedenen Richtungen theilen, wandeln sie sich später zum Theil in die kurzen, die Gefässstränge der Mutter- und Tochterwurzel verbindenden Gefässzellen um. Dort jedoch, wo, wie bei Equisetum, kein Pericambium vorhanden ist, grenzt die junge Wurzel unmittelbar an das Gefäss an.

Die Seitenwurzeln werden wahrscheinlich ohne Ausnahme schon sehr früh angelegt; man beobachtet die Anfänge schon in geringer Entfernung von der Scheitelzelle. Die Wurzelanlagen verjüngen sich regelmässig nach dem Scheitel hin, so dass die Annahme geboten erscheint, es schreite die Verzweigung der Wurzel ausschliesslich scheitelwärts fort, und es entstehen zwischen den bereits vorhandenen Anlagen keine neuen mehr, in analoger Weise, wie die jüngste Blattanlage an einem Zweige auch immer die oberste ist.

B. Theorie des Wachsthums der Scheitelzellen und der Segmente.

Die Wachsthumsvorgänge in der Wurzel und ebenso im Stengel der Gefässcryptogamen bieten einige Erscheinungen dar, rücksichtlich deren es Interesse gewährt, zu untersuchen, in welcher Weise das Wachsthum der einzelnen Partieen einer Zelle dabei betheiligt ist. Wir finden uns um so mehr dazu veranlasst, als schon von Hofmeister und Pringsheim bezügliche Theorieen aufgestellt worden sind.

Bei der Zurückführung des Wachsthums eines Organs oder Organtheiles auf die elementaren Vorgänge sind folgende drei Punkte festzuhalten:

1) Das Wachsthum einer Zelle und ihre Formveränderung geschieht blos durch das Wachsthum und die Formveränderungen ihrer Membran. Letztere können in aktiver und passiver Weise erfolgen. Der Einfluss des Inhaltes durch positive oder negative Spannung, ferner durch ungleiche Vertheilung, und in Folge derselben durch ungleiche Ernährung der Wandung macht sich immer nur auf indirektem Wege geltend, insofern nämlich entsprechende Veränderungen in der Membran veranlasst werden.

2) Wenn eine Zelle ihre Dimensionen und ihre Gestalt in irgend einem optischen Durchschnitt verändert, so sind bei der Wachsthumstheorie nicht blos die diesen Durchschnitt begrenzenden (zu ihm mehr oder weniger rechtwinkligen) Wände, sondern ebenso sehr oder vielmehr aus naheliegenden mechanischen Gründen, in noch höherem Maasse die übrigen Wände der Zelle zu berücksichtigen.

3) Ebenso darf nicht das Wachsthum und die Formveränderung einer Gewebezelle für sich betrachtet, sondern es muss auch die aktive und passive Rolle aller umgebenden, mit jener verwachsenen Zellen in Anschlag gebracht werden.

Wir hielten es für zweckmässig, auf diese maassgebenden Regeln hinzuweisen, da sie bei den bisherigen Theorieen nicht die gehörige Beachtung gefunden haben. Wir wollen ferner aus dem ganzen Wachsthum der Wurzel nur drei allgemeine Erscheinungen herausheben, nämlich die Formveränderungen der Scheitelzellen, der ganzen Segmente und der ganzen Wurzelkappen. Für eine weitergehende detaillirte Durchführung mangeln die thatsächlichen Anhaltspunkte.

Lassen wir vorerst die Wurzelhaube weg, so besteht die conische Spitze der Wurzel, wie die des Stengels, aus der Scheitelzelle und den Segmenten. Oder vielmehr sie besteht aus den diese Zellen und Zellencomplexe trennenden Wänden, da mit Rücksicht auf das Wachsthum ein Gewebe nicht sowohl eine Vereinigung von Zellen als ein System von Wänden ist. An der kegelförmigen Spitze kommen (wenn die Wurzelhaube weggedacht wird) zweierlei Wände in Betracht: die conische Aussenfläche und die von der Achse nach der Aussenfläche verlaufenden schiefen Hauptwände. Beide müssen einen grössern oder geringern Einfluss auf einander ausüben, je nach der Wachsthumsrichtung, um die es sich handelt.

Wenn in der conischen Spitze keine Wände sich befänden, wie diess z. B. bei den Siphoneen der Fall ist, so würde ihr Wachsthum in jedem Punkt einer

Querzone gleich sein, aber von Zone zu Zone wechseln. Das Nämliche findet auch statt, wenn aus dem continuirlichen Schlauch durch Bildung von horizontalen Querwänden ein gegliederter Faden entsteht, wie bei Cladophora etc. Es ist aber vorerst kein Grund vorhanden zu der Annahme, dass ein conischer Schlauch mit schiefgestellten Hauptwänden sich nicht ebenso verhalte. Diese Wände setzen sich zwar in ungleichen Höhen an den Schlauch an, und werden somit das Bestreben haben, das gleichmässige Wachsthum in jeder Querzone zu stören. Allein was die Längenzunahme betrifft, so können die schiefen Querwände, welche sich meistens unter nahezu rechten Winkeln an die Aussenfläche ansetzen, nur mit sehr geringer Wirksamkeit dabei betheiligt sein, da die Componente, die ihre Spannung in jener Richtung zu entwickeln vermag, kaum in Betracht fallen dürfte. Rücksichtlich der Zunahme des Schlauches in der tangentialen Querrichtung dagegen muss der Einfluss der Hauptwände allerdings bedeutend sein. Er wird aber voraussichtlich keine wesentlichen Differenzen zwischen den verschiedenen Seiten einer Querzone bedingen, da die Hauptwände regelmässig angeordnet sind und als gleichwerthige gewiss auch ein gleiches Wachsthum besitzen.

Wir haben also Grund zu der Annahme, dass das Flächenwachsthum der conischen Spitze von Wurzeln und Stengeln der Gefässcryptogamen in jeder einzelnen Zone in überwiegendem Maasse ringsum gleich sei, und dass der Ansatz der spiralig gestellten Hauptwände nur geringe Störungen verursache, welche ebenfalls in schraubenförmiger Richtung verlaufen. Es muss aber das Wachsthum von Zone zu Zone wechseln, da es daselbst in ungleichen Stadien des Alters sich befindet. Ueber die Art dieses Wechsels geben uns einige Thatsachen Aufschluss.

Die allgemeine Erscheinung, dass beim Scheitelwachsthum die Spitze sich fortwährend verlängert, während in bestimmter Entfernung von derselben das Wachsthum aufgehört hat, drängt uns schon die Annahme auf, dass im Allgemeinen die Einlagerung in der Scheitelregion am grössten sei, und dass sie mit der Entfernung von derselben immer mehr abnehme. Damit stimmt auch die Thatsache, dass die Längen- und Breitenzunahme, ehe sie ganz aufhört, sehr langsam wird. — Die Dimensionen der aufeinander folgenden Segmente und der Scheitelzellen geben uns genauere Anhaltspunkte, unter den beiden nicht zu bezweifelnden Voraussetzungen nämlich, dass die Scheitelzellen vor der Theilung jeweils ungefähr die gleiche Grösse erreichen, und dass die Theilungen derselben ungefähr nach gleichen Zeitintervallen eintreten. Wir wollen keine Messungen angeben, sondern blos die Resultate derselben anführen. Es sind folgende; sie gelten für die Wurzeln und die Stengel der Gefässcryptogamen.

Das Längenwachsthum, d. h. die Zunahme auf einer Linie, welche vom Scheitelpunkt über die Aussenfläche in einer durch die Achse gelegten Ebene gegen die Basis verläuft ($v^1\,a\,a^5$ in Fig. 5 auf Taf. XI), ist zuweilen in der Scheitelzelle am lebhaftesten (in $v^1\,a$); häufiger jedoch ist es in den nächsten 1—2 Segmenten ($a\,a^1$ und $a^1\,a^2$) eben so lebhaft; und, wie es scheint, noch häufiger nimmt es in den obersten Segmenten sogar etwas zu, so dass das Maximum im

ersten ($a a^1$) oder zweiten ($a^1 a^2$), in selteneren Fällen auch erst im dritten ($a^2 a^3$) oder vierten obersten ($a^3 a^4$) Segment (wenn blos die vertical übereinander liegenden Segmente numerirt werden) eintritt. Von dem Punkte aus, wo das Längenwachsthum sein Maximum erreicht hat, nimmt es dann nach der Basis hin allmählich ab bis zu der Zone, wo es vollends erlischt.

Das Breitenwachsthum, d. h. die Umfangszunahme einer Zone, deren Centrum der Scheitelpunkt oder ein Punkt der Achse ist, hat sein Maximum meistens in der Scheitelzelle selbst, seltener in den obersten Segmenten. Es hängt diess mit der Gestalt des Kegels und mit der Vertheilung des Längenwachsthums zusammen. Wenn das letztere überall gleich gross wäre, so würde das Breitenwachsthum lediglich eine Function des Neigungswinkels sein, den die Oberfläche mit der Achse bildet: es wäre nämlich am grössten da, wo die Oberfläche mit der Achse einen rechten Winkel bildet, und um so kleiner, je mehr sie sich der parallelen Richtung nähert. Da aber das Längenwachsthum von Zone zu Zone wechselt, so muss auch das Breitenwachsthum, wenn es nämlich auf die Zeiteinheit und nicht blos auf die Raumeinheit bezogen wird, dadurch modifizirt werden. Es ist in dem gleichen Verhältniss, in welchem das Längenwachsthum lebhafter von statten geht, grösser als es sonst wäre. An einer genau conischen Fläche z. B., wo der Umfang der Zonen in arithmetischer Progression sich vergrössert, ist bei gleicher Längenzunahme auch ein gleiches tangentiales Wachsthum angezeigt. Wächst aber eine bestimmte Zone doppelt so viel in die Länge als alle übrigen, so ist auch ihr Breitenwachsthum doppelt so gross als in allen darüber (gegen den Scheitel des Kegels) gelegenen; und das Wachsthum aller unteren Zonen erfährt einen gleichen arithmetischen Zusatz.

Wird nun die Gestaltung der Oberfläche und die Vertheilung des Längenwachsthums berücksichtigt, so erhält man das bereits ausgesprochene Resultat, dass entweder die Zonen der Scheitelzelle oder diejenigen eines der obersten 1 — 3 vertical über einander liegenden Segmente am lebhaftesten in tangentialer Richtung sich vergrössern, oder dass auch das Breitenwachsthum in der Scheitelzelle und den genannten Segmenten von gleicher Grösse ist, und dass es ferner von der Zone seines Maximums nach der Basis hin stetig abnimmt.

Das gesammte Flächenwachsthum ergiebt sich aus dem Längen- und Breitenwachsthum. Es hat sein Maximum ebenfalls in der Scheitelzelle oder in den nächsten Segmenten.

Wenden wir uns nach dieser allgemeinen Betrachtung zur Scheitelzelle, so ist an deren Wachsthum zweierlei zu unterscheiden, die Form der Wände und die Winkel. Die entstehenden Theilungswände sind eben oder wenig gebogen, indem sie die concave Seite der Achse und dem Scheitelpunkt zukehren. Diese Wände verändern sich, so lange sie der Scheitelzelle angehören, wenig. Die Endfläche dagegen ist vor der Theilung durch eine Querwand, welche eine Kappenzelle abschneidet, in vielen Fällen mehr oder weniger gebogen; nach der Theilung ist sie immer eben. Das Wachsthum führt hier eine Wölbung herbei. Diess beweist uns, dass das Längenwachsthum (in den von dem Scheitelpunkt ausstrahlenden Richtungen), und dem entsprechend auch das Breitenwachsthum

in den um den Scheitelpunkt concentrischen Zonen in der Endfläche grösser ist, als das Breitenwachsthum in den Seitenwänden der Scheitelzelle.

Die Winkel der Scheitelzelle, von oben gesehen, sind in den Wurzeln der Farne, in den Wurzeln und im Stengel von Equisetum nahezu gleich, also ungefähr 60°, und die Theilungswände somit parallel den früher gebildeten Hauptwänden der Segmente. Die Scheitelzellen haben an der Spitze des Vegetationskegels eine etwas schiefe und unsymmetrische Stellung, entsprechend dem ungleichen Alter ihrer Seitenwände, von denen die eine dem Scheitelpunkt am nächsten, die andere am fernsten liegt. Aus der Annahme, dass die verschiedenen Zonen ein ungleiches Längen- und Breitenwachsthum haben, ergibt sich auch eine ungleichmässige Zunahme der Seiten der dreieckigen Scheitelzelle, und wenn diese von oben gesehen, einmal ein gleichseitiges Dreieck ist, eine nothwendige allmähliche Abweichung von dieser regelmässigen Gestalt. Indessen ist diese Abweichung nicht bedeutend; sie beträgt, wenn man ganz extreme Fälle eines ungleichen Zonenwachsthums voraussetzt, nicht mehr als 2—3°, und könnte mit Rücksicht auf die unvermeidlichen Fehlerquellen, welche vorzüglich aus der Schwierigkeit einer richtigen Orientirung sich ergeben, weder durch Winkel- noch durch Seitenmessungen nachgewiesen werden. Die Folge davon wäre, dass die entstehende Scheidewand nicht genau parallel der frühern Wand verliefe, sondern mit derselben einen Winkel von 1 oder höchsten 1½° bildete.

Halten wir die Thatsachen der Beobachtung und die Forderungen der Theorie über das Wachsthum im Allgemeinen zusammen, so folgt daraus übereinstimmend, dass die genannten Scheitelzellen, von oben angesehen, nahezu gleichzeitige Dreiecke sind, und dass ihre Seitenwände ein nur in geringem Maasse ungleiches Breitenwachsthum besitzen.

Andere Scheitelzellen sind, von oben angesehen, nicht gleichseitige, sondern gleichschenklige Dreiecke. Hofmeister*) gibt für diejenigen mehrerer Farnenstengel nach zahlreichen Messungen die Seitenwinkel zu 69° 14′ und den Scheitelwinkel zu 41° 32′ an. Wenn auch diese bis auf Minuten genauen Maasse in Anbetracht der fortwährenden Wachsthumsveränderungen und der ziemlich weiten Fehlergrenzen beim Messen schwerlich sich bestätigen dürften, so ist doch eine annähernd gleichschenklige Form mit kleinerem Scheitelwinkel als allgemeines Vorkommniss nicht zu bezweifeln. Dagegen sind die übrigen Annahmen Hofmeister's über das Wachsthum der Scheitelzellen und die Verschiebung der Wände weder durch die thatsächlichen Beobachtungen gefordert, noch erscheinen sie geometrisch und mechanisch als möglich. Derselbe nimmt nämlich an, dass die Scheitelzelle, nachdem sie sich durch eine dem einen Schenkel parallele Wand getheilt, in der zu dieser Wand senkrechten Richtung wachse, bis sie wieder die frühere Grösse und Form erreicht habe, in welcher nun eben diese jüngste Wand die Basis des gleichschenkligen Dreiecks darstelle.

---

*) Beiträge zur Kenntniss der Gefässcryptogamen II. pag. 637. ff.

Gegen die Annahme, dass die gleichschenklige Scheitelzelle sich durch eine mit der einen Seite parallele Wand theile, sprechen die Zeichnungen Hofmeisters selbst und ebenso unsere Beobachtungen, nach denen die Theilungswand in ihrer Richtung merklich von der Seitenwand der Scheitelzelle abweicht. — Gegen diese Annahme sprechen ferner die so sehr übereinstimmenden Winkelmessungen Hofmeister's. Bei der supponirten Gestaltsveränderung der Scheitelzelle müsste nämlich während ihres Wachsthums ein Winkel von 41° 32′ zu 69° 14′ sich erweitern und ein anderer von 69° 14′ zu 41° 32′ sich verengern. Es müssten demnach verschiedene Scheitelzellen auch ganz verschiedene Winkelmessungen ergeben. — Jene Annahme würde überdem die gewiss unwahrscheinliche Folge haben, dass die eine (zweitälteste) Wand der neuen Scheitelzelle, damit diese wieder ihre normale Grösse und Gestalt bekomme, sich nahezu auf das Doppelte verlängern müsste, während die andere (jüngste) Wand gar nicht wachsen könnte. — Endlich sind die Consequenzen für das Wachsthum und die Verschiebungen der die Scheitelzelle umgebenden Segmente nahezu als unmöglich zu bezeichnen, wie die Construction deutlich zeigt.*)

Es scheint uns weder ein thatsächlicher, noch ein theoretischer Grund vorhanden zu sein, welcher die Annahme verböte, dass die gleichschenkligen Scheitelzellen mit ihrer Aussenfläche in demselben Maasse wachsen, als es die Zunahme der Zonen überhaupt bedingt. Die drei Seiten würden somit nahezu gleichmässig sich vergrössern und die Gestalt der Zelle (von oben angesehen) fast dieselbe bleiben. Denn wenn auch das ungleiche Zonenwachsthum etwas grössere Störungen bedingt, als bei den gleichseitigen Scheitelzellen, so könnte es doch, selbst wenn ganz extreme Fälle angenommen werden, einen Winkel nicht mehr als um höchstens 3—4° verändern; und diess müsste sich dadurch ausgleichen, dass die entstehende Wand um fast ebensoviel von der Richtung abweichen würde, die sie sonst bei vollkommen gleichmässigem Wachsthum der Scheitelzelle gezeigt hätte.

Da die thatsächlichen Beobachtungen wegen des raschen Anwachsens der Segmente so spärliche und wenig brauchbare Daten über die Theilung und das Wachsthum der gleichschenkligen Scheitelzellen des Farnenstengels an die Hand geben, so kann, wie diess auch von Hofmeister geschehen ist, die Blattstellung mit berücksichtiget werden, da es wahrscheinlich ist, dass die Blätter in ihrer Stellung den Segmenten entsprechen. Nehmen wir die Angaben Hofmeisters betreffend die Form der Scheitelzellen bei den Farnen als richtig an, und

*) Die einzig richtige Construction scheint uns die zu sein, dass man die Scheitelzelle vor dem Wachsthum mit den umgebenden Zellen, wie sie in der Natur wirklich vorkommen, zeichnet, dass man dann in einer zweiten Figur die in der angegebenen Weise vergrösserte und in ihrer Form veränderte Scheitelzelle mit der gleichen Zahl und Anordnung der umgebenden Zellen aufträgt, und auf diese Weise die Veränderungen prüft, welche die letztern nothwendig erfahren müssen. Die Construction Hofmeister's (Taf. VII, Fig. 20) ist uns theilweise unverständlich, und entspricht jedenfalls nicht der geometrischen Aufgabe.

geben wir denselben somit Seitenwinkel von 69° 14′ und einen Scheitelwinkel von 41° 32′, so würde daraus, wenn beim Wachsthum die Lage der Segmente sich nicht verändert, eine Divergenz der Blattstellung von 110° 46′ folgen. Dabei müsste die in der Scheitelzelle entstehende Scheidewand mit der betreffenden Seitenwand, statt ihr parallel zu sein, einen Winkel von 27° 42′ bilden, der aber durch das vorhin besprochene ungleiche Wachsthum der Scheitelzelle um einige Grade sich vermindern könnte.

Der Uebergang von dieser Divergenz von nahezu 111° zu einer solchen von ungefähr 137° könnte nur durch Drehung erfolgen. Was diese Drehung betrifft, so kommt sie wohl in allen Stammspitzen der Phanerogamen vor, da die Blattstellung am ausgebildeten Spross constant eine andere ist, als in der Terminalknospe.*) Es ist anzunehmen, dass sich die Farne der allgemeinen Regel der übrigen Gefässpflanzen nicht entziehen. Kommen aber auch bei ihnen solche Drehungen vor, so ist es wahrscheinlich, dass sie bis in die Scheitelregion hinein thätig sind und schon die Lage und Form der anwachsenden Scheitelzelle selbst etwas verändern; die Folge hievon wäre die, dass die entstehende Scheidewand mit der entsprechenden Seitenwand einen kleineren Winkel bildete, als es ohnedem nothwendig ist. Der Grund, warum die Drehung als schon in der Scheitelregion beginnend angenommen werden darf, liegt darin, dass eben solche regelmässige und unmerklich wirkende Verschiebungsprozesse meistens bis auf die ersten Anfänge zurückverfolgt werden können, wie uns der Wechsel von Quirl- und Spiralstellungen (z. B. bei Equisetum, Lycopodium) und andere analoge Erscheinungen zeigen.

Wenn die Divergenz der Theilungswände in den Scheitelzellen zu 110° 46′ angenommen wird und wenn demnach die Scheidewand mit der hinter ihr befindlichen Seitenwand, wie bereits angegeben, einen Winkel von 27° 42′ bildet, so erhalten die Segmentzellen wegen ihrer ungleichen Höhe auf der kathodischen und anodischen Seite eine ungewöhnliche Gestalt (vgl. Hofmeister Taf. IX, Fig. 18, wo die Divergenz 109° und der genannte Winkel circa 33° beträgt).**)

---

*) Nägeli, Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik. Heft I, 40.

**) Wir bemerken, dass die citirte Figur Hofmeister's, sowie dessen übrige Angaben über die Beziehungen der Gestalt der Scheitelzelle zur Divergenz der Segmente und Blätter auf einem Irrthum beruhen. Derselbe sagt z. B., die gleichschenklige Scheitelzelle mit Seitenwinkeln von 69° 14′ und einem Scheitelwinkel von 41° 32′ entspreche der 5/13 Stellung der Segmente, somit der Divergenz von 138° 28′, während sie in Wirklichkeit, wie wir oben im Texte angegeben haben, der Divergenz von 110° 46′ oder annähernd 11/36 entspricht. Diess zeigt sich auch deutlich in der angeführten Figur Hofmeister's, welche die Divergenz von 138° erläutern sollte, in Wirklichkeit aber die Divergenz von 109° gibt. In dieser Figur machen drei Divergenzen noch keinen vollständigen Umlauf aus und das vierte Segment fällt zwischen das erste und dritte; ebenso bilden die Normalen der Theilungswände, worauf es ankommt, den angegebenen Winkel von 109°.

Die 5/13 Stellung fordert eine Scheitelzelle, deren Seitenwinkel 41° 32′ und deren Scheitelwinkel 96° 56′ beträgt. Bei Divergenzen über 120° ist der Scheitelwinkel grösser als 60° und die Seiten des gleichschenkligen Dreiecks kürzer als die Basis. Bei Diver-

Man könnte nun mit Grund annehmen, dass diese ungewöhnliche Form der Segmente durch das ungleiche Wachsthum der Zonen und die langsame Drehung, verbunden mit dem Bestreben zur Abrundung, immer mehr verbessert und der gewöhnlichen Bildung mit paralleler hinterer und vorderer Wand näher gebracht würde. Allein man dürfte damit schwerlich ausreichen, um die thatsächlichen Beobachtungen zu erklären. Wir glauben uns daher theils durch diese theoretischen Betrachtungen, theils durch unsere Messungen zu der Behauptung berechtigt, dass die Scheitelzellen in der Regel andere Winkel zeigen, als die von Hofmeister angegebenen, und dass die ursprüngliche Divergenz der Wände in der Scheitelzelle und der Segmente viel weniger von derjenigen der späteren Blattstellung abweicht, als es nach den genannten Angaben der Fall sein müsste.*)

Da die Vorgänge in der Stengelspitze der Farne wahrscheinlich auf Drehungen hinweisen, so ergibt sich die Frage, ob diese Erscheinung nicht auch bei Wurzeln vorkomme. Wenn wir von Drehung sprechen, so müssen wir zweierlei Arten derselben unterscheiden: Drehungen, welche erst eintreten oder wenigstens erst sichtbar werden, wenn das Längenwachsthum in dem Gewebe aufgehört hat, und solche, welche an der im Wachsthum begriffenen Spitze ihren Sitz haben. Zu den erstern gehören die gewöhnlichen Drehungen der Stengel, Baumstämme, der Blattstiele u. s. w. Sie kommen auch an den Wurzeln nicht selten vor, und werden besonders dann wahrgenommen, wenn die Nebenwurzeln Längsreihen bilden. Diese Reihen zeigen dann einen spiraligen Verlauf.

Die Drehungen an der wachsenden Spitze ergeben sich aus der Vergleichung der Stellungsverhältnisse, welche verschiedene Theile (Zellenwandungen, Zellen, seitliche Organe u. s. w.) im allerjüngsten und in spätern Zuständen zeigen. Bei den Wurzeln ist es nun viel schwieriger, darüber Gewissheit zu erlangen, als beim Stengel, wo die Blattanlagen sichere Anhaltspunkte geben. Doch gibt es auch bei den Wurzeln einzelne Erscheinungen, welche für ein ziemlich allgemeines Vorkommen der Drehung sprechen. Da dieselben an den betreffenden Orten besprochen werden, so soll hier nur eine kurze Erwähnung folgen.

---

genzen unter 120° ist der Scheitelwinkel kleiner als 60° und die Schenkel länger als die Basis. Bei der Divergenz $\frac{5}{13}$ ist allerdings, wie Hofmeister angibt, der eine Winkel 41° 32′; aber es ist nicht der Scheitelwinkel, sondern es sind die beiden Seitenwinkel, die diesen Werth zeigen. — Demgemäss sind auch die von Hofmeister angegebenen Grössenverhältnisse der Wände der dreieckigen Scheitelzelle für bestimmte Stellungen zu ändern. Bei der $\frac{2}{5}$ Stellung verhält sich beispielsweise die Basis zu einer der beiden Seitenflächen wie 1 : 0,7265 (nicht, wie angegeben ist, 1 : 1,618) etc.

*) Das Manuscript wurde im Juli 1866 vollendet. Seitdem ist in der „Lehre von der Pflanzenzelle" der Gegenstand neuerdings von Hofmeister besprochen worden. Mit Rücksicht auf die erörterten Punkte wiederholt derselbe seine früheren Anschauungen. Es würde hier zu weit führen, wenn wir auf die ganze Wachsthumstheorie von Hofmeister eintreten wollten; es ist diess auch nicht nothwendig, da wir in der obigen Betrachtung uns bloss an die thatsächlichen Verhältnisse, welche das Wachsthum der Membranen darbietet, gehalten und Theorieen über die rückwärtsliegenden Ursachen derselben vermieden haben.

An den noch im Gewebe der Mutterwurzel eingeschlossenen jungen Wurzeln von Equisetum beobachtet man, dass die Elemente des Cambiumcylinders genau die ursprüngliche Lage behalten haben, während die Zellen der Rinde nach der nämlichen Richtung verschoben sind, dass also die Rinde eine Drehung erfahren hat. Wir verweisen hierüber auf die später (im speziellen Theil) folgende ausführlichere Erörterung.

Die Scheitelzelle der jüngsten Wurzelanlage hat, wie oben gezeigt wurde, eine bestimmte Stellung. Die eine Ecke des Dreiecks ist nämlich nach dem Scheitel der Mutterwurzel gekehrt. Diese Stellung findet man aber häufig mehr oder weniger verschoben, wenn die junge Wurzel etwas länger geworden ist. Die nämliche Verschiebung zeigt bei den Farnen auch der sechseckige Cambiumcylinder und die zwei opponirten Primordialstränge. Wir haben also hier eine Drehung der ganzen Wurzel, sammt dem Cambiumcylinder.

Die Verzweigung der Wurzeln von Isoëtes ist dichotomisch. Die beiden Gabeläste entstehen im Gewebe der Spitze des Mutterstrahls. Auf Querschnitten durch die letztere sieht man die beiden ovalen Anlagen, in denen auch wohl schon wieder ihre vorgebildeten Tochterstrahlen eingeschachtelt sind (Taf. XIX, Fig. 1). Zuweilen bleiben die langen Achsen der beiden ovalen Anlagen ziemlich parallel; meistens verändern sie die ursprüngliche parallele Stellung allmählich mit dem Grösserwerden, indem jede sich etwas um ihre Längsachse dreht. Die Drehung erfolgt in den beiden Gabelästen in entgegengesetzter Richtung, und zwar so, dass wenn zwei Schwesterpaare ovaler Anlagen vorhanden sind, ihre 4 langen Achsen zuletzt wie Radien von dem gemeinsamen Mittelpunkt ausstrahlen.

Nachdem wir das Wachsthum der Scheitelzellen und die daran sich knüpfenden Fragen besprochen, wenden wir uns zur Betrachtung der Veränderungen, welche in den Segmenten vor sich gehen. Das Wachsthum derselben besteht aus verschiedenen Factoren, welche in gewissen Beziehungen unabhängig sind, in andern aber sich gegenseitig bedingen. Beobachten wir zuerst die Segmente auf dem Längsschnitt der Wurzel (oder des Stengels), so sind dieselben unmittelbar nach ihrer Entstehung aus der Scheitelzelle aussen und innen meist ziemlich genau von gleicher Höhe, indem die Hauptwände parallel laufen (Taf. XI, Fig. 4 Segment XV; Fig. 5, Segment XIII). Nachher sind sie aussen höher, wobei die Hauptwände von innen nach aussen fächerartig divergiren (Fig. 4, Segmente XIII, X, VII, IV; Fig. 5, Segmente X, VII, IV). Zuletzt sind sie wieder gleich hoch und die Hauptwände parallel (Fig. 5, Segment I). Damit verändern sie zugleich ihre Stellung; anfänglich bilden sie nämlich mit der Achse den kleinsten Winkel; derselbe wird nach und nach grösser und zuletzt gleich einem Rechten (Taf. XI, Fig. 4 und 5).

Die Ursache dieser Form- und Lageveränderung ist lediglich darin zu suchen, dass die Segmente zuerst stärker mit ihrer äussern, zuletzt stärker mit

ihrer innern Seite in die Länge wachsen. Mit dem Verhältniss, in welchem das Wachsthum in der ersten Periode an der äussern Seite überwiegt, hängt der Grad der Aufrichtung der Segmente neben der Scheitelzelle zusammen. Die vollständige Längenzunahme in den beiden Wachsthumsperioden ist selbstverständlich aussen und innen gleich gross, da die Segmente zuletzt wieder, wie anfangs, parallele Hauptwände haben.

Auf dem Längsschnitt der Wurzel sind ferner die Segmente unmittelbar nach ihrer Anlage meistens gerade, indem die Hauptwände sich als gerade Linien darstellen (Taf. XII, Fig. 9 und Taf. XIII., Fig. 2, das oberste Segment rechts). Das Gleiche ist wieder der Fall, wenn sie vollkommen ausgewachsen sind. Die Uebergangsstadien zeigen uns gewöhnlich gebogene, bei den Farnen selbst knieförmig gebrochene Hauptwände, wobei die concave Seite immer scheitelwärts gekehrt ist. (Taf. XIV, Fig 7, Segmente XI, X, VIII, VII, V, IV). Auch hier folgt das Längenwachsthum der vorhin angegebenen Regel, dass es nämlich in der ersten Periode von innen nach aussen, in der zweiten von aussen nach innen zunimmt. Soweit diese Zunahme eine gleichmässige ist (d. h. proportional dem Abstand von der Achse in der ersten, und von der Oberfläche in der zweiten Periode), so bleiben die Segmente gerade. Ist die Wachsthumszunahme (zuerst von innen nach aussen, nachher von aussen nach innen) ungleichmässig, so werden die Segmente gebogen oder knieförmig.

Bei den Farnen z. B., wo der innere cambiale Theil der Segmente sehr bald beinahe horizontal, der äussere Theil fast senkrecht aufgerichtet und von innen nach aussen fast gleich hoch erscheint (Taf. XIV., Fig. 7, Segment VII), muss bis zu diesem Stadium das Längenwachsthum im innern Theil in centrifugaler Richtung rasch zugenommen haben, im äussern Theil aber (wenn die Hauptwände parallel bleiben) überall gleich stark gewesen sein, und zwar genau so stark als in der äussern Gränze des innern Theils. Im zweiten Stadium wächst der innere Theil des Segments im Innern stärker, als aussen und wird dadurch aussen und innen gleich lang und vollkommen horizontal; der äussere Theil dagegen wächst aussen stärker, als innen Im dritten und letzten Stadium wächst der innere Theil überall gleich sehr in die Länge, während der äussere Theil sich innen stärker streckt, als aussen und ebenfalls eine genau horizontale Lage annimmt.

Wir haben die Formveränderung der Segmente als eine Funktion des Längenwachsthums dargestellt; es versteht sich, dass auch die Hauptwände ein entsprechendes Wachsthum in radialer Richtung zeigen müssen. Doch dürfte letzterem in allen Fällen, wo die Segmente fast gerade bleiben, in mechanischer Beziehung nur eine passive Rolle zuzuschreiben sein. Wenn die Segmente sich biegen, so muss die grundsichtige Hauptwand eines jeden stärker wachsen, als die scheitelsichtige, und wenn sie wieder gerade werden, so muss das Umgekehrte der Fall sein. Es wäre möglich, dass dieses ungleiche radiale Wachsthum bei der Formveränderung der Segmente zugleich mit dem Längenwachsthum sich aktiv betheiligte.

Ein zweiter Punkt betrifft die geometrische Gestalt der Segmente und die

Neigung ihrer Wände gegen einander. Denken wir uns vorerst, behufs grösserer Einfachheit, die Wurzelhaube als nicht vorhanden, so sind die jüngsten Segmente auf dem Längsschnitt der Wurzeln wie des Stengels trapezoidisch (zufällig wohl auch rhombisch oder rechteckig); im ausgewachsenen Zustande ist ihre Gestalt immer rechteckig. Bemerkenswerth ist aber, dass nicht etwa, wie man erwarten sollte, die Seiten des ursprünglichen Trapezes oder Rechteckes (Taf. XI., Fig. 5 a c b^1 a^1) in die des späteren Rechteckes übergehen.

Von der obern Seite a c des Trapezes a c b^1 a^1 (Fig. 5 auf Taf. XI) wird nur das Stück a b zur obern Seite a^4 b^4 des Rechteckes a^4 b^4 b^5 a^5, indess das andere Stück b c sammt der innern Wand c b^1 zur innern Seite b^4 c^4 b^5 desselben Rechteckes wird. Dies beweist uns einmal, dass die Aussenwand a a^1 des Trapezes a c b^1 a^1 stärker in die Länge wächst als die Stücke b c und c b^1, da jene die gleiche Grösse erreicht, wie diese zusammen; — und ferner, dass ebenfalls das Stück b a stärker sich ausdehnt als das Stück a^1 b^1, da jenes zuerst kürzer und zuletzt gleich lang ist wie dieses. Die stärkere Zunahme der Längeneinheit in der Aussenwand gegenüber der inneren schwankt zwischen $1\frac{1}{2}$ und 2, die stärkere Zunahme der vordern Hauptwand gegenüber der hintern zwischen $1\frac{1}{5}$ und $1\frac{2}{3}$.

In den Wurzeln, in denen aus der Scheitelzelle regelmässig die Wurzelkappen abgeschnitten werden, complicirt sich die Veränderung, indem von der obern Seite e a b c (Fig. 4 auf Taf. XI) blos das Stück a b zur obern Seite a^1 b^4 des Rechteckes wird. Das äussere Stück a e, das anfänglich unter einem oft nahezu rechten Winkel sich an die Oberfläche ansetzt, wird derselbe immer mehr parallel und bildet zuletzt wirklich einen Theil der Aussenwand. Dadurch wird das vorhin erwähnte überwiegende Wachsthum des Stückes a b noch mehr gesteigert; dagegen das überwiegende Wachsthum des Stückes e a^1 (= a a^1 in Taf. XI, Fig. 5) etwas vermindert.

Wir können uns ferner fragen, wie sich das ganze Flächenwachsthum der Aussenwand eines Segmentes verhalte. Dieselbe bildet einen Theil der Kegeloberfläche und nimmt ein Drittel des Umfanges ein. Es ist auch hier zur Erzielung grösserer Einfachheit zweckmässig, die Wurzelhaube wegzudenken, mit anderen Worten, uns an die Segmente des Stengels (z. B. von Equisetum) zu halten. Taf. XI, Fig. 3 gibt eine Ansicht der eben gelegten Kegeloberfläche, Taf. XII, Fig. 7 B eine Ansicht der eben gedachten Scheitelregion. Es handelt sich also um das Wachsthum des Segmentes n l m o m^1 l^1 in Fig. 3 auf Taf. XI, welches wir in Fig. 5 auf dem Längsschnitt als die Linie a a^1 erkennen. Pringsheim*) hat die Theorie aufgestellt, dass zu jeder ursprünglichen Segmentzelle sich eine neue Hälfte bilde. Die ursprüngliche Segmentzelle a c b^1 a^1 in Fig. 5 auf Taf. XI finden wir nach dieser Ansicht in den folgenden Segmenten als das Stück d^1 c^1 b^2 a^2, d^2 c^2 b^3 a^3, d^3 c^3 b^4 a^4 und endlich d^4 c^4 b^5 a^5, die neu sich bildende Hälfte dagegen als das Stück a^1 b^1 c^1 d^1, a^2 b^2 c^2 d^2, a^3 b^3 c^3 d^3 und a^4 b^4 c^4 d^4.

*) Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, III. Band p. 492.

Diese Annahme empfiehlt sich allerdings, wenn man blos, wie es eben geschehen ist, die Projection der Kegelfläche auf der Achsenebene berücksichtigt. Sie wird aber geometrisch und mechanisch nahezu unmöglich, wenn man die wirkliche Oberfläche des Kegels in Betracht zieht. Es ist dabei immer festzuhalten, dass die Kegeloberfläche oder die Aussenwand, ehe die Hauptwände sich an sie ansetzen, eine bestimmte Anordnung der Molecüle zeigt, dass diese Anordnung durch den Ansatz der Wände selbst noch nicht geändert wird, dass nun aber durch das eigenthümliche Wachsthum dieser Wände Spannungen in der Aussenwand hervorgerufen und in Folge derselben die normale Einlagerung der Molecüle gestört werden kann. Diess geschieht aber allmählich und vertheilt sich über die ganze Oberfläche, indem in jedem einzelnen Punkte das Flächenwachsthum nach Maassgabe der Spannungen erfolgt. Man kann durch Construction der Kegeloberfläche unter gewissen Voraussetzungen eine Vorstellung von der Vertheilung dieser Spannungen gewinnen; sie sind sehr complizirt, geben sich an einzelnen Stellen als negative, in andern als positive kund, und verbreiten sich über die ganze Aussenfläche eines Segments. Die Einschiebung einer ganz neuen Zellenhälfte, wodurch die ursprüngliche Segmentzelle sich ergänzte, würde ihnen kein Genüge leisten. Nach Constructionen, die wir von der Kegeloberfläche verschiedener Wurzel- und Stengelspitzen (auch von Salvinia) anfertigten, scheint es vielmehr allgemeine Regel zu sein, dass in der Mitte eines Segments die scheitelsichtige Zone am wenigsten, die grundsichtige am meisten in die Länge wächst.

Auf der Oberflächenansicht (Taf. XI, Fig. 3) greifen die Segmente im jüngsten Zustande zickzackförmig in einander, zuletzt berühren sie sich mit ziemlich geraden Seitenwänden, indem die ursprüngliche Zickzacklinie nach und nach sich in eine gerade verwandelt. Diese Zickzacklinie besteht aus den Seitentheilen der Hauptwände, soweit sie an Segmente einer andern Reihe angrenzen. Es ist eine analoge Erscheinung wie diejenige, die bereits am optischen Längsschnitt (Fig. 5 auf Taf. XI) betrachtet wurde, diessmal in der Oberflächenansicht. Die Ursachen davon können auch hier nur die sein, dass die Seitentheile ($l\,n\,l^1$ und $m\,o\,m^1$ in Fig. 3 auf Taf. XI) weniger sich strecken, als die zugekehrte Aussenfläche $n\,o\,m^1\,l^1$ in die Länge wächst. Damit hängt zusammen, dass die scheitelsichtige Seite des Segments immer mehr wächst, als die grundsichtige, $l\,m$ mehr, als $l^1\,m^1$, $l^1\,m^1$ mehr, als $l^2\,m^2$ etc.

Die Berührungslinie der Hauptwände der Segmente auf der eben gelegten Kegeloberfläche ist anfänglich (als Theilungswand der Scheitelzelle), wie bereits angegeben, etwas nach oben gewölbt (Taf. XI; Fig. 3 $n\,l\,m\,o$), seltener ist sie gerade. Zuletzt ist sie nach oben concav und zwar nach Maassgabe des Krümmungshalbmessers, den die eben gelegte Kegeloberfläche bedingt. Daraus folgt, dass die Mitte der Segmente anfänglich in der Längsrichtung mehr zunimmt als die beiden Seiten, später aber wachsen diese stärker, so dass schliesslich die Segmente überall gleich hoch sind, wie von Anfang an.

Beide soeben erwähnten Erscheinungen, das stärkere Breitenwachsthum der obern Seite und das anfängliche stärkere Längenwachsthum der Mitte der Segmente fallen der Zeit nach zusammen. Sie stehen wahrscheinlich mit der früher

festgestellten Thatsache, dass Längen- und Breitenwachsthum der Zonen ihr Maximum nahe dem Scheitel haben und in basipetaler Richtung abnehmen, in Verbindung. Im Uebrigen wäre es durchaus verfrüht, die mechanischen Bedingungen dieser Wachsthumsprozesse zu erörtern. Dieselben müssen vorher für viel einfachere Gebilde festgestellt werden.

Es bleibt uns zum Schluss noch übrig, die Wachsthumserscheinungen der Wurzelkappen zu betrachten. Dieselben bieten nur zwei Punkte von einigem Interesse dar, die Veränderungen der Form im Allgemeinen und das Verhalten der einzelnen Theile. Was das Erstere betrifft, so ist jede Kappe ursprünglich eben, später nimmt sie die Form eines Kegelmantels an, der selbst grundwärts in einen Cylindermantel endigen kann. Das Flächenwachsthum, welches diese Formveränderung bedingt, muss auch hier in Längenwachsthum und Breitenwachsthum zerlegt werden. Das erstere bedingt in der noch ebenen Wurzelkappe die Zunahme auf den vom Mittelpunkte ausstrahlenden Radien, das letztere die Zunahme in den Tangentialrichtungen. Die Kappe würde eben bleiben, wenn in jedem Punkte, wo das Längenwachsthum thätig ist, ein dem Radius proportionales Breitenwachsthum erfolgte. Dies ist blos für einen mehr oder weniger beschränkten centralen Theil der Fall. Nach dem Umfange hin bleibt es in steigender Progression hinter jenem Verhältniss zurück. Daher nimmt die Basis des Kegelmantels mit dem Wachsthum der Wurzelkappe eine immer steilere Neigung an und geht, wenn das Breitenwachsthum ganz aufgehört hat, in einen Cylindermantel über.

Dieses Wachsthum der Wurzelkappe ist kein selbständiges. Es richtet sich, da die Wurzelhaube immer dem Wurzelkörper dicht aufliegt, nach dem Wachsthum des letztern. Der Grund liegt offenbar darin, dass beide durch Adhäsion vereinigt sind, und dass daher die Wurzelhaube, als der schwächere Theil, ihr Flächenwachsthum vorzugsweise nach den Spannungen regulirt, welche durch die Vergrösserung des Wurzelkörpers in ihr bedingt werden.

Rücksichtlich des ungleichen Verhaltens der einzelnen Theile der Wurzelkappe ist vorzüglich das Längenwachsthum in der Mitte und am Umfange bemerkenswerth. Wir können dasselbe aus dem Zunehmen der Zellen und Zellencomplexe erkennen. Der Längsschnitt durch die Wurzel zeigt uns die junge Kappe in 4 Zellen getheilt, 2 mittlere und 2 seitliche. Diese Zellen wachsen und theilen sich weiter; aber die innern thun diess viel lebhafter. In einzelnen Fällen lässt sich nachweisen, dass eine innere Zelle selbst 4 und 6 mal stärker in der Längsrichtung sich ausdehnt, als eine äussere, und dass sie in mehrere Zellen sich theilt, während die äussere ungetheilt bleibt.

Wir können von der Wurzelhaube das Nämliche sagen, wie von der Oberfläche des Wurzelkörpers, dass das Längenwachsthum jeder einzelnen Kappe in der Mitte oder in geringer Entfernung davon am lebhaftesten ist und dass es nach dem Rande hin allmählich abnimmt. Offenbar ist die Ursache dieser Thatsache ebenfalls darin zu suchen, dass die Wurzelkappen sich aufeinander und auf dem Wurzelkörper nicht verschieben können und dass sie daher dem Wachsthum des letzteren zu folgen gezwungen sind. Die thatsächlichen Beweise dafür, dass eine

Verschiebung wirklich nicht vorkommt, ergeben sich aus dem Umstande, dass der Rand der Wurzelkappen fortwährend in den nämlichen zahnartigen Ausschnitten des Wurzelkörpers endigt.

Die zwei erörterten Wachsthumsveränderungen an den Wurzelkappen sind desswegen bemerkenswerth, weil sie uns die unumstösslichen Beweise geben für den Einfluss der Spannungen auf die Zunahme der Membranen in verschiedenen Richtungen. Sie bieten somit eine Stütze für die früheren Betrachtungen, welche gleichfalls von der Voraussetzung ausgingen, dass die Spannungen maassgebend seien für die Einlagerungen in jedem einzelnen Punkt und somit für das Flächenwachsthum überhaupt.

C. Specielle Ausführungen.

1. Equisetum.

Wie bei allen Equisetumarten bildet sich auch bei Equisetum hiemale unter günstigen Verhältnissen an jedem Knoten ein Gürtel von Wurzeln. Diese sind kurz nach dem Hervorbrechen aus der Rinde des Stengels ziemlich dünn und endigen in eine scharfe, hellgelb gefärbte Spitze. In diesem Zustande sind sie zu Untersuchungen über ihr Wachsthum besonders geeignet, sowohl weil das Gewebe dem eindringenden Messer einen genügenden Widerstand entgegensetzt, als auch, weil es nach Behandlung mit verdünnter Kalilösung so durchsichtig wird, dass man auch durch mehrere Zellenlagen hindurch tiefer liegende Gewebspartieen ganz genau beobachten kann. Desshalb genügt es denn für Längsansichten auch vollkommen, wenn solche möglichst dünne Wurzeln parallel und zunächst ihrer Längsachse, deren Lage durch die scharfe Spitze genau bestimmt ist, gespalten werden. Man wird auf einer der beiden Schnittflächen die Scheitelregion und die dort vorkommende Zellengruppirung beobachten können. Man gewahrt den von einer sehr lang gezogenen Wurzelhaube bedeckten Vegetationskegel, dessen höchste Stelle von der Scheitelzelle eingenommen wird, die, in dem Falle als sie nicht verletzt wurde, als ein mehr oder minder regelmässiges Dreieck erscheint*) (Taf. XIII. Fig. 2, v).

---

*) Hofmeister's Abbildungen (Vergl. Unt. Taf. XVIII Fig. 3 und Taf. XIX, Fig. 14), nach denen die Scheitelzelle sich durch Querwände theilen sollte, scheinen Schnitten ihre Entstehung zu verdanken, die, weil von der Achse entfernt, die Scheitelzelle gar nicht zur Ansicht brachten. In beiden Abbildungen sind die im Innern zunächst der Längsachse gelegenen Zellen nicht wesentlich von den äusseren verschieden, und müssen daher Zellen der Rinde und nicht des Cambiumcylinders sein, da letzterer schon unmittelbar hinter der Scheitelzelle sich durch eine viel bedeutendere Zellenlänge von der ersteren unterscheidet. Hofmeister vermuthete später (Beiträge Heft II pg. 648), dass die von ihm früher als Scheitelzelle angesehene „linsenförmige“ Zelle die erste Schicht der Wurzelhaube sei, was jedoch nach der ganzen Anordnung der Zellen unmöglich erscheint.

In Bezug auf das Wachsthum der Wurzelhaube zeigt Taf. XII, Fig. 1 die Bildung der 4 quadrantischen Zellen aus der primären Kappenzelle vermittelst der Wände 1 und 2. In jeder derselben haben sich die schiefen Wände (3) gebildet, die, wie es meist der Fall ist, unter sich homodrom sind. In Taf. XII, Fig. 6 dagegen setzt sich in der links oben gelegenen quadrantischen Zelle die Theilungswand abweichend von der in den 3 übrigen Zellen herrschenden Richtung statt an die rechts oben liegende Zelle an die links unten gelegene an; in Fig. 3 und 5 stimmt die Richtung dieser Wände nur für je zwei auf einander folgende Zellen überein, und in Fig. 4 wechselt sie in jeder folgenden.

Dass nach Bildung der acht Zellen die Kappe in zwei Schichten zerfällt, zeigt Fig. 10, wo in der zweiten Kappe (l–l) diese Quertheilung aufgetreten ist, in der Zelle links jedoch noch fehlt. Für die Zusammengehörigkeit je zweier Schichten spricht ferner das aus Taf. XIII, Fig. 2 in l–l ersichtliche Aneinanderstossen der Längswände und vor allem noch der Umstand, dass man nicht selten Schnitte erhält, an welchen die Dicke zweier dergestalt zusammengehöriger Schichten kaum grösser ist, als die unmittelbar an sie anstossende jüngere noch einschichtige Kappe*) (Taf. XII, Fig. 9 und 10, k und l–l).

Dieser Bildung von Querwänden folgt nun fast ausnahmslos die Bildung der 4 innern Zellen (Taf. XII. Fig. 3 innerhalb der mit 4 bezeichneten Wände), die durch ihre quadrantische Stellung auch noch auf solchen Schnitten leicht erkannt werden können, die weiter vom Scheitel entfernt sind (Taf. XII, Fig. 2, m, m). Ein anderer Theilungsvorgang, der übrigens ein einziges Mal beobachtet wurde, ist in Taf. XII, Fig. 5 dargestellt: In der rechts oben gelegenen quadrantischen Zelle haben sich zuerst zwei gegen einander convexe Wände (3 und 4) gebildet; die die innere Zelle abschneidende Wand 5 steht genau tangential und setzt sich an die Theilungswände 3 und 4 an. Gleichzeitig mit oder selbst vor der Bildung der 4 innern Zellen kann die Theilung der andern 4 Zellen in der von der Fläche 8zelligen Wurzelhaube und zwar durch schiefe Wände erfolgen (Taf. XII, Fig. 1 und 6, Wand 4).

Dass anfangs zweischichtige Kappen später in der Mitte mehrschichtig werden können, zeigt Taf. XII Fig. 9, m–m und Taf. XIII, Fig. 2, m–m. Es liegt in diesem in der Mitte so überwiegenden Dickenwachsthume der Kappen der Grund für die scharf zugespitzte Form der Wurzelhaube.

Die schiefen Theilungen in der Scheitelzelle folgen, so weit wenigstens unsere Beobachtungen reichen, ausnahmslos in linksläufiger Spirale auf einander. (Taf. XII. Fig 7, wo die scheitelwärts auf einander folgenden Seg-

*) Es ist möglich, dass zuweilen auch der von Hofmeister (Vergl. Unt. pg. 96, Taf. XVIII, Fig. 3) als durchgreifendes Gesetz aufgestellte Fall eintritt, dass nämlich in jeder Kappe immer nur auf der Grundfläche der Mutterzelle rechtwinklig gestellte Wände auftreten, und daher alle aus einer primären Kappenzelle hervorgegangenen Tochterzellen in einer einfachen Schichte liegen, wie es bei anderen später zu betrachtenden Pflanzen in der That der Fall ist. Für Equisetum bleibt diess jedoch gewiss nur eine Ausnahme.

mente mit I, II, III, IV und V bezeichnet sind. Die Sextantenwand (s), als die erste in jeder Segmentzelle auftretende Wand, setzt sich in der Regel an der anodischen Seitenfläche derselben an (Taf. XIII, Fig. 8). Doch finden wir auch in dieser Beziehung Abweichungen, wie die in Taf. XIII, Fig. 7 und 9 dargestellten, wo die Sextantenwände unter sich zwar homodrom sind, sich jedoch (vorausgesetzt, dass die Segmentspirale hier ebenfalls linksläufig war, was in diesen beiden Fällen nicht nachgewiesen werden konnte) sämmtlich an den kathodischen Seitenflächen ansetzen. In Taf. XII. Fig. 8 sehen wir die Sextantenwände unter sich heterodrom, indem nur die in dem grössten rechtsliegenden Segmente (I) befindliche sich an der anodischen Seite ansetzt, während die in den beiden andern Segmenten (II, III) auftretenden gegen die kathodischen Seitenflächen gewendet sind.

Die Sextantenwände setzen sich bei Equisetum in grösserer Entfernung vom Mittelpunkte an, als wir diess bei den übrigen Gefässkryptogamen wahrnehmen; in Folge dessen reichen die kleineren Sextanten viel weniger weit hinein als bei jenen. Die ferneren Theilungen erfolgen nach den im allgemeinen Theil erörterten Regeln. Jede der Sextantenzellen theilt sich zunächst durch eine tangentiale Wand (Cambiumwand), wodurch 6 innere Zellen gebildet werden, welche die Anlage des Cambiumcylinders darstellen. Dieselben machen, entsprechend ihrer Entstehungsweise, im Querschnitt der Wurzel zusammen ein Sechseck aus, durch dessen Winkelpunkte die Wände, welche die Sextanten von einander trennen, radial nach aussen verlaufen. Bei Equisetum beobachten wir nun die merkwürdige Erscheinung, und zwar schon zunächst der Scheitelzelle, dass diese 6 aus dem Cambiumcylinder in die Rinde sich fortsetzenden Wände beim Uebertritt in letztere gebrochen erscheinen, und zwar so stark, dass sie fast auf die Mitte der an den Cambiumcylinder angrenzenden Rindenzellen treffen (Taf. XIII, Fig. 1, 8, 9; h^1-h sind die gebrochenen Hauptwände) s^1-s die gebrochenen Sextantenwände). Nur an besonders günstigen Schnitten, welche, wie Taf. XII, Fig. 8, Segmente zur Ansicht bringen, in welchen erst kurz zuvor die Cambiumwände sich ausgebildet haben (was aber nur bei flachen Scheitelzellen, wie sie öfters an dickeren Wurzeln vorkommen, möglich ist), sieht man deutlich die unmittelbare Fortsetzung dieser Wände h und s aus dem Cambiumcylinder in die Rinde. *)

---

*) Diese Darstellung gründet sich auf die allerdings sehr wahrscheinliche Annahme, dass die dünnern Wurzeln in gleicher Weise sich entwickeln, wie die dickern. Andernfalls müsste man annehmen, dass in den dünnern Wurzeln die Sextantenwände in noch grösserem Abstande von dem Centrum an die Hauptwände sich ansetzten, als es in Taf. XII, Fig. 8 der Fall ist, und dass nur die 3 im Mittelpunkt der Wurzel sich berührenden Sextanten zur Anlage für den Cambiumcylinder beitrügen. Letzterer entstünde also aus 3 Zellen, und die Wände s^1 in Taf. XIII, Fig. 1, 8 und 9 wären die ersten in diesen drei Zellen.

Wegen der schief stehenden Segmente ist es fast unmöglich, zu einem sichern Ergebniss in Betreff dieser Frage zu gelangen. Da die ersten Theilungen in den Wurzeln sich sonst durch so grosse Regelmässigkeit und Uebereinstimmung auszeichnen, so haben wir uns für die im Texte angenommene Deutung entschieden.

Die durch die Epidermiswand (Taf. XIII, Fig. 2, e) abgeschnittene Aussenzelle bleibt in allen Fällen tangential ungetheilt. Auch radiale Theilungen treten bei dünnen Wurzeln in sehr beschränktem Maasse auf. Die kleinste Zahl der an einer ausgewachsenen Wurzel im Umfange beobachteten Epidermiszellen war 15, was also in diesem Falle für die Mehrzahl der ursprünglichen 6 Epidermiszellen nur eine einmalige Theilung voraussetzt. In Bezug auf die Quertheilungen in der Epidermis, die länger als die radialen Theilungen und durchschnittlich bis zum Hervortritt der Zellen aus der Wurzelhaube andauern, ist hervorzuheben, dass die erste derselben der Zeit nach nahezu mit der in der Rinde zuerst eintretenden Quertheilung zusammenfällt, so dass wir an jedem Längsschnitte Segmente beobachten können, wo in der Rinde und Epidermis erst eine einmalige Quertheilung stattgefunden hat. (Taf. XIII. Fig. 2, vgl. Segment IV und VI, wo sowohl in den Epidermiszellen als in den Rindenzellen je eine Querwand aufgetreten ist. In Taf. XII, Fig. 9 ist das nämliche am zweit-obersten Segment der linken Seite zu beobachten, während auf der rechten Seite bezüglich der radialen Theilungen im zweit-obersten Segment die Rinde, im dritt-obersten dagegen die Epidermis voran ist.) Aber schon im zunächst anstossenden älteren Segmente ist die Zellenzahl der Epidermis bedeutend grösser, als die in der Rinde, in soweit sie nämlich durch Quertheilung bedingt ist (Taf. XIII, Fig. 2, Segment I u. III). Dieser Umstand, verbunden mit der viel länger andauernden Theilungsfähigkeit der Epidermiszellen, erklärt es auch, warum letztere an ausgewachsenen Wurzeln bedeutend kürzer sind, als die Rindenzellen.

Wenn die Epidermis unter der Wurzelhaube heraustritt, wachsen viele ihrer Zellen zu Papillen, später zu Haaren aus, die jedoch im Alter wieder zu Grunde gehen.

Die Ausbildung der äusseren und inneren Rinde ist ganz normal, wie sie im allgemeinen Theil beschrieben wurde. Erstere besteht fast immer nur aus zwei Zellschichten (Taf. XIII, Fig. 3, y), und nur bei den dünnsten Wurzeln bleibt sie entweder im ganzen Umfange oder stellenweise einschichtig (Taf. XIII, Fig. 4, 5, 10, y), in welchem Falle dann auf Querschnitten die radialen Reihen der inneren Rinde bis an die Epidermis verfolgt werden können. Wenn bei dickeren Wurzeln unmittelbar nach Bildung der Cambiumwand radiale Theilungen eintreten, so ist es ein ziemlich häufig vorkommender Fall, dass sich eine solche radiale Wand nur in dem grösseren Sextanten eines Segmentes bildet, der dann den kleineren auch an Breite übertrifft (Taf. XII, Fig. 7 im Segment II, wo die mit 1[1] bezeichnete Wand die Sextantenwand ist). Letzteres ist Folge davon, dass die Sextantenwand die Aussenwand des Segments nicht halbirte, sondern etwa den dritten Theil derselben abschnitt. Die vom Cambiumcylinder ausgehenden radialen Reihen können also in Bezug auf ihre Zahl zwischen 6 und 12 schwanken, in welch letzterem Falle in jedem Sextanten die radiale Theilung eingetreten ist (Taf. XII, Fig. 8), was jedoch nur selten vorkommt (vgl. Taf. XIII, Fig. 10 u. 7, wo um den Cambiumcylinder 6 Rindenzellen liegen, ferner Fig. 5 mit 7, Fig. 9 mit 8 und Fig. 8 mit 9 Rindenzellen um den Cambiumcylinder).

Was das Längenwachsthum der Rinde betrifft, so scheint ausnahmslos die erste Querwand nach Bildung der Epidermis und vor der Entstehung der Rindenwand aufzutreten. Taf. XII, Fig. 9 zeigt uns nämlich einen sehr häufig zu beobachtenden Fall, der unmöglich anders gedeutet werden kann. Im zweitobersten Segment rechts ist die Rindenzelle (zwischen e und e) durch eine Querwand in 2 hintereinander liegende Hälften zerfallen. Die vordere, der Scheitelzelle nähere, ist noch ungetheilt; in der hinteren hat sich schon die Rindenwand (r) gebildet.

Die Zellen jeder dieser beiden Hälften werden später abermals durch Querwände getheilt, die in den benachbarten Zellen so ziemlich in derselben Höhe auftreten. Die späteren Quertheilungen lassen indessen weder in ihrer Lage noch Aufeinanderfolge eine bestimmte Regelmässigkeit erkennen. Sie hören allmählich von innen nach aussen auf, so dass durchschnittlich die Rindenzellen in dieser Richtung auch an Länge abnehmen.

Bald nachdem die Gewebetheile unter der Wurzelhaube hervorgetreten, beginnt eine von aussen nach innen fortschreitende Bräunung der Zellwände, die in der Epidermis und äusseren Rinde auch von einer Verdickung der Zellen begleitet ist. In der inneren Rinde mangelt letztere in der Regel und nur hie und da werden einige Partieen derselben, die zunächst an die äussere Rinde anstossen, dickwandig, besonders dann, wenn in ihr noch weitere radiale Theilungen aufgetreten waren.

In der inneren Rinde entstehen an den Punkten, wo die tangentialen Wände der benachbarten Zellen aneinderstossen, schon bald nach deren Bildung kleine viereckige Intercellularräume. Dieselben sind, der concentrischen Anordnung der Zellen entsprechend, ebenfalls in concentrische Kreise geordnet und nehmen von aussen nach innen an Grösse ab. Die in radialen Reihen hinter einander liegenden vereinigen sich allmählich von aussen nach innen zu einem einzigen Luftgange. Es entsteht auf diese Weise ein Kreis von Luftgängen, die in ihrer Zahl den radialen Zellenreihen entsprechen. Endlich zerreissen die zwischen ihnen liegenden Zellen und verschwinden nach und nach, wodurch eine einzige hohlcylindrische Luftlücke entsteht. Die Zellen der beiden innersten Rindenschichten jedoch bleiben unversehrt und ohne grössere Luftgänge, und umgeben noch längere Zeit den Gefässcylinder als eine Art Schutzscheide (Taf. XIII, Fig. 3; die innere mit z bezeichnete Rinde ist hier nur dreischichtig; zwischen den Zellen des äusseren Ringes befinden sich die grossen, mit u bezeichneten Luftgänge). Im späteren Alter zerreisst auch der äussere durch die dickwandigen Rindentheile gebildete Hohlcylinder, so dass zuletzt nur der centrale Gefässcylinder übrig bleibt.

Gehen wir nun zur Ausbildung des Gefässcylinders über. Derselbe besteht anfangs aus 6 Zellen. Fast ausnahmslos*) wird nun in den 3 den grös-

*) Der einzige beobachtete Ausnahmsfall ist in Tafel XIII Fig. 10 dargestellt, wo zwei Segmente nicht durch tangentiale, sondern durch schiefe Wände sich getheilt haben. Diese Wände sind in Fig. 10, B. mit 3′ bezeichnet.

seren Sextanten entsprechenden Zellen der innere Theil durch eine tangentiale Wand abgeschnitten, wodurch 3 im Centrum zusammenstossende innere Zellen gebildet werden (Taf. XIII, Fig. 7, 8, 9, wo die betreffenden Wände mit 3 bezeichnet sind; in Taf. XII, Fig. 8 hat sich erst eine Wand mit 3 bezeichnet, gebildet). In manchen Fällen ist damit das Dickenwachsthum des Cambiumcylinders beendet, der also auf Querschnitten nur aus 9 Zellen besteht. Ja es wurden Querschnitte beobachtet, bei denen der Gefässcylinder nur aus 7 Zellen (6 peripherischen und 1 centralen) bestand, wo also nur eine der 6 ursprünglichen Cambiumzellen sich theilte. In jedem Falle aber bleibt eine dieser 3 inneren Zellen, die sich oft schon bei ihrem Entstehen durch eine grössere Weite auszeichnet, von jeder weiteren Theilung durch Längswände ausgeschlossen. Indem sie nun rasch in die Dicke wächst, und die benachbarten Zellen bei Seite drängt, erscheint sie an Querschnitten ziemlich genau central gelegen. Sie bildet sich zu dem in jeder Wurzel zu beobachtenden centralen weiten Gefässe um, welches daher auch an gelungenen Längsschnitten bis an die Scheitelzelle verfolgt werden kann.

Die Zellenvermehrung, welche auf dem Querschnitt in den 6 peripherischen Cambiumzellen beobachtet wird, geht meist durch schiefe Wände vor sich. Die Figuren 7, 8, 9 auf Taf. XIII mit beigefügten Schemen (B, wo die Wände nach ihrer Aufeinanderfolge mit 3, 4, 5 nummerirt sind) geben solche Fälle an, an denen man bei gegenseitiger Vergleichung immerhin eine gewisse Gleichmässigkeit, sowohl in der Lage, als auch in der Aufeinanderfolge der weiteren Theilungen wahrnehmen wird. So setzt sich in den kleineren Sextanten die erste Wand unter einem spitzen Winkel an eine Seitenwand an (Taf. XIII, Fig. 7, 8, 9, die mit 4^1 bezeichneten Wände), während in dem aus dem grösseren Sextanten hervorgegangenen und schon in zwei Zellen zerlegten Theile die nächste Theilung rechtwinklig auf die Wand 3, welche die Innenzelle abgeschnitten hatte, zu stehen kommt (Fig. 7, 8, 9 die mit 4 bezeichneten Wände).

Eigenthümlich verhält sich das Längenwachsthum des Cambiumcylinders. Während sonst bei allen andern Wurzeln der cambiale Theil der Segmente während längerer Zeit sich weniger in die Länge streckt, als der äussere Theil, ist dieses schwächere Längenwachsthum bei Equisetum auf ein oder höchstens zwei übereinanderliegende Segmente beschränkt. Dann streckt sich der Cambiumcylinder mehr als die Rinde. Man sieht auf Längsschnitten, wie seine Zellen selbst in die rückwärts angrenzenden Complexe hineinragen, welches Missverhältniss später durch stärkeres Wachsthum der Rinde wieder ausgeglichen werden muss. In Taf. XIII, Fig. 2 ist das Segment VII in seinem cambialen Theil (innerhalb c) deutlich kürzer als in seinem äussern Theil; in den Segmenten VI und IV dagegen ist der cambiale Theil länger als der Rindentheil. Ebenso ist in Taf. XII, Fig. 9 der cambiale Theil innerhalb c im obersten Segment auf der linken Seite kürzer, im zweitobersten Segment auf der rechten Seite dagegen länger, als der äussere Theil.

In Bezug auf die Quertheilungen im Cambiumcylinder ist es unmöglich, ihr Auftreten mit der Sicherheit zu verfolgen, wie diess in der Rinde der Fall ist.

Es liess sich nur ermitteln, dass jedenfalls vor den Querwänden Längswände gebildet werden, und dass erstere später, als in der Rinde auftreten. So sehen wir in Taf. XIII. Fig. 2 den Rindentheil des Segmentes VI einmal quer getheilt, während der cambiale Theil desselben noch ungetheilt erscheint; im anstossenden Segment III kommen auf drei Zellen in der Rinde zwei im Cambiumcylinder; im Segment I gehen ebenfalls auf zwei Cambiumzellen drei oder vier Rindenzellen. Wie oft aber Quertheilungen überhaupt auftreten können, und ob sie nicht vielleicht nur einmal (höchstens zweimal) stattfinden, darüber lässt sich nach unsern Beobachtungen, welche diesen Punkt besonders berücksichtigten, mit Bestimmtheit noch kein Ausspruch thun.

Es wurde bereits erwähnt, dass bei Equisetum kein Pericambium gebildet wird. Es liegen daher die ersten Gefässe an der Peripherie des Cambiumcylinders. In den dickeren Wurzeln beginnt fast durchgehends die Gefässbildung an drei Puncten, die gleichmässig auf den Umfang vertheilt sind. Wenn nur ein centrales Gefäss*) vorhanden ist, sind die drei ersten Gefässe von diesem durch eine Zellschichte getrennt, deren Zellen sich höchst selten zu Gefässen umbilden, so dass jeder der drei Primordialstränge nur aus einem einzigen Gefäss besteht. Das centrale Gefäss verholzt sehr spät, lässt sich aber allerdings durch seine Weite viel früher erkennen, als die drei an der Peripherie des Cambiumcylinders gelegenen. In dünneren Wurzeln sind häufig nur zwei, diametral gegenüberliegende Gefässe vorhanden; das centrale Gefäss fehlt. (Taf. XIII, Fig. 7, 10.)

In Bezug auf die morphologische Deutung der ersten Gefässe wurde mit Hülfe der schon im allgemeinen Theile bezeichneten Anhaltspunkte, die sich an Seitenwurzeln aus der constanten Lage der Haupt- und Sextantenwände gegenüber der Mutterwurzel ergeben, aus Taf. XIII Fig. 10 das Theilungsschema (Fig. 10, B) bestimmt. Es ergibt sich daraus die schon oben allgemein ausgesprochene Thatsache, dass die beiden ersten Gefässe, wenn sie genau opponirt sind, aus ungleichwerthigen Sextanten entstehen. Im Segment rechts nämlich bildet sich der ganze dem Cambiumcylinder angehörige Theil des kleineren Sextanten zum Gefässe um, im Segmente links jedoch nur die äussere Zelle des dem grösseren Sextanten angehörigen Theiles. In Taf. XIII, Fig, 7 ist ganz dasselbe der Fall. Bei reichzelligeren Cambiumcylindern lässt sich zur Zeit der Gefässbildung eine Gruppirung der Zellen nach ihrer Entstehung nicht mehr mit Sicherheit durchführen. Untersucht man aber jüngere Stadien solcher Cambiumcylinder, wo man die Anordnung noch mit Sicherheit verfolgen kann, so erkennt man, wie dies in Taf. XIII. Fig. 8 der Fall ist, ganz deutlich, dass die Zellen, die sich in dünnen Wurzeln zu Gefässen umbilden, hier noch weiter getheilt sind. Es müssen sich daher die Gefässe aus Zellen späterer Generationen und anderer morphologischer Bedeutung entwickeln.

Das Verhältniss des Cambiumcylinders zu der Rinde veranlasst uns noch zu einer Bemerkung über das Wachsthum im Allgemeinen. Wir haben oben angeführt, dass die 6 ursprünglichen Verticalwände des Cambiumcylinders schon sehr

---

*) Bei E. variegatum findet man häufig drei centrale Gefässe.

früh sich nicht mehr in die Wände der Rinde fortsetzen, sondern auf die Mitte der 6 innersten Rindenzellen treffen. Man könnte geneigt sein, dies als eine Folge des allgemeinen Bestrebens zu erklären, welches die noch im Wachsthum begriffenen Zellen haben, sich abzurunden. Desswegen beobachten wir eine ähnliche Erscheinung zwischen Epidermis und äusserer Rinde, ferner zwischen dieser und der inneren, wo ebenfalls die Zellen anfänglich in Reihen liegen, und später alterniren. Doch scheint es uns zweifelhaft zu sein, ob diese Erklärung allein ausreiche, und zwar vorzüglich aus den zwei Gründen, weil die Wurzeln der übrigen Gefässcryptogamen mit dreiseitiger Scheitelzelle sich anders verhalten, und weil hier eine durchgehende Verschiebung der Rinde auf dem Cambiumcylinder vorkommt.

Es ist nun bemerkenswerth, dass es noch eine zweite Erscheinung gibt, nach welcher die Wurzeln von Equisetum eine Ausnahme machen, nämlich das starke Längenwachsthum des Cambiumcylinders in sehr geringer Entfernung hinter der Scheitelzelle, von dem gleichfalls schon gesprochen wurde. Dieses Längenwachsthum ist so beträchtlich, dass, was sonst nirgends vorkommt, der cambiale Theil der jungen Segmente grundwärts über den Rindentheil hinausragt, was nur durch eine Verschiebung möglich ist. Die Ausdehnung muss offenbar eine passive sein. Denn der ausgewachsene Cambiumcylinder (von der Basis der Wurzel bis da, wo die Streckung aufgehört hat) ist etwas kürzer, als die zugehörige Rinde; dadurch wird ein stärkeres Wachsthum des apicalen, noch nicht fertigen Cambiumcylinders verursacht. Wäre letzteres activ, so könnte es sich nicht grundwärts, es müsste sich vielmehr scheitelwärts geltend machen. Der apicale noch wachsende Theil des Cambiumcylinders befindet sich also bezüglich der Längsrichtung in negativer, die Rinde dagegen in positiver Spannung. Der Schluss liegt nun nahe, dass sich die Rinde um den Cambiumcylinder drehe; denn ein Cylinder, dessen äusserer Theil sich stärker in die Länge zu strecken geneigt ist, als der innere Theil, hat in Folge dessen auch die Neigung zur Drehung. Die Drehung der Rinde auf dem Cambiumcylinder muss aber die Folge haben, dass die ursprünglich in radialen Reihen liegenden Zellen später alterniren, und dass die durchgehenden Radialwände später gebrochen erscheinen.

In bemerkenswerther Uebereinstimmung mit dieser Ansicht steht die Lage der radialen Wände im Cambiumcylinder und in der Rinde. Im ersteren nämlich haben sie an jungen noch im Gewebe der Mutterwurzel eingeschlossenen Wurzeln die normale ursprüngliche Richtung, indem die eine der drei Hauptwände nach dem Scheitel der Wurzel gerichtet ist und die beiden Primordialgefässgruppen rechts und links liegen (Taf. XIII, Fig. 10, A und B). In der Rinde dagegen sind die radialen Wände und die Reihen der Rindenzellen aus ihrer gewöhnlichen Stellung verrückt. Das Sechseck der innersten Rindenzellen nämlich, welches den Cambiumcylinder umschliesst, hat scheitelwärts und grundwärts je eine Seite, während ursprünglich und bei anderen Wurzeln sich dort Ecken befinden. Es hat sich also nicht der Cambiumcylinder, sondern die Rinde gedreht.

Wir bemerken jedoch ausdrücklich, dass wir die Drehung der Rinde in Folge ungleichen Längenwachsthums bloss als eine naheliegende Möglichkeit hin-

stellen, die erst noch durch weitere Thatsachen zu prüfen wäre. Namentlich fehlen uns successive Schnitte durch die nämliche junge Wurzel, die noch nicht das Rindengewebe der Mutterwurzel durchbrochen hat. Die Darstellung solcher Schnitte aber ist bei dem Umstande, dass sich die Wurzeln sehr spärlich verzweigen, mit grossen Schwierigkeiten verbunden. Aus demselben Grunde gelang es uns auch nie, die Anlage einer Seitenwurzel bis zur Entstehung ihrer ersten Scheitelzelle zurück zu verfolgen.

2. Polypodiaceae.

So weit unsere Untersuchungen reichen, haben alle Farne in den Wurzeln dreiseitige Scheitelzellen.*) In Taf. XIV Fig. 1, 2, 4 und Taf. XV, Fig. 4 sind mehrere derselben im Querschnitt abgebildet. Die Segmentspirale ist meist rechtsläufig, und nur bei Pteris aquilina wurde häufig auch linksläufige Drehung beobachtet.

In Bezug auf die Bildung der Wurzelhaube wurde schon im allgemeinen Theil erwähnt, dass meistens nach drei schiefen Wänden in der Scheitelzelle durch eine Querwand eine primäre Kappenzelle abgeschnitten wird. In diesem Falle muss im Längsschnitt auf jedes Segment je eine Kappe treffen. Wir finden nun aber auch häufig, dass die Zahl der Schichten der Wurzelhaube grösser ist, als die Zahl der Segmente, indem sie sich zu einander verhalten wie 3 : 2 oder 4 : 3. Man könnte nun vermuthen, dass, wie dies bei Equisetum beobachtet wurde, einzelne Kappen zweischichtig werden, indess andere einschichtig bleiben. Dagegen spricht aber der Umstand, dass man nie, wie diess bei Equisetum (vgl. Taf. XII, Fig. 10, l-l) wirklich der Fall ist, zwei Schichten findet, die stellenweise in eine einzige übergehen. Ferner der Umstand, dass man nie, wie diess ebenfalls bei Equisetum wirklich vorkommt, eine junge Wurzelhaubenschicht findet, welche fast die gleiche Dicke hat, wie die zwei nächst älteren zusammen. Es nehmen im Gegentheil die Wurzelhaubenschichten von innen nach aussen stetig an Dicke zu (Taf. XIV, Fig, 7, k, l, m, n; Taf. XV, Fig. 1 und 3), so dass man also jede Schichte für eine vollständige Kappe erklären muss.

Eine bemerkenswerthe Thatsache ist auch die, dass an gewissen Stellen jedem Segmente auf der einen Seite eine Schichte entspricht, während auf der andern Seite einmal zwei Schichten der Wurzelhaube auf ein Segment treffen. Die Annahme, es sei eine Quertheilung nur in der einen Hälfte der Kappe eingetreten, ist unmöglich, denn man müsste dann die zwei betreffenden Schichten in eine übergehen sehen. Wir können uns aber diese Erscheinung durch die Annahme

*) Die Untersuchungen beschränkten sich auf die Polypodiaceen. — Für Pteris aquilina gibt Hofmeister (Beiträge . . Heft II pg. 611 et 629) zweischneidige Scheitelzellen an. Die abgebildeten Längsschnitte (Taf I Fig 3, Taf II Fig. 1, Taf III Fig. 6 b) sprechen eben so gut für dreiseitige Scheitelzellen. Der in Taf IV Fig. 7 b abgebildete Querschnitt zeigt jedenfalls eine schiefe Ansicht, wie es aus der ungleichen Ausbildung der beiden Hälften erhellt. Wir haben auch bei dieser Pflanze bloss dreiseitige Scheitelzellen gesehen.

erklären, dass eine Querwand regelmässig oder nur zuweilen schon nach zwei schiefen Theilungen aufgetreten sei. In Taf. XV, Fig. 3 ist das zweitjüngste Segment rechts von zwei Schichten (l und m) bedeckt, während über dem ihm gegenüberliegenden links nur eine einzige (l) liegt. Fig. 3 B zeigt im schematischen Längsschnitt, wie diese Anordnung durch einen ungleichen Wechsel der Theilungen zu erklären ist. Die successiven Wände in der Scheitelzelle sind mit 1—12 bezeichnet; die Wände 2, 6 10 sind nicht sichtbar. Zwischen den beiden Querwänden 4 und 8 liegen die drei schiefen Wände 5, 6 und 7; zwischen den beiden Querwänden 8 und 11 jedoch nur zwei, nämlich 9 und 10; es grenzen daher an den vorspringenden Theil des von den Hauptwänden 7 und 3 begrenzten Segmentes rechts zwei, links nur eine Kappe an. Etwas ähnliches sehen wir in Fig. 1, wo an das zweitjüngste Segment links zwei Kappen (k und l) anstossen. Die schematische Figur 1 B erläutert die mögliche Aufeinanderfolge der Theilungen. Man ersieht daraus, dass zwischen den Querwänden 4 und 8 die gewöhnliche Zahl von drei schiefen Theilungen, zwischen 8 und 11 nur 2 solche liegen.*)

Bei den meisten Farnen setzen sich die Längswände in der Kappe, oft selbst die nach der Bildung der 8 Zellen auftretenden, unter rechten Winkeln an, wodurch das Zellennetz äusserst regelmässig wird. (Taf. XIV, Fig. 3 eine junge Kappe von der Fläche gesehen). Ueberdem kommen mancherlei Abweichungen vor, die jedoch so geringfügiger Natur sind, dass sie das allgemeine Theilungsgesetz durchaus nicht modificiren. Nur bei Polypodium vulgare wurde einmal eine grössere Abweichung vom normalen Typus beobachtet. Während nämlich in drei quadrantischen Zellen die Theilung in gewöhnlicher Weise eintrat, war in der vierten eine der Peripherie gleichlaufende Wand ausgebildet, wie es Hanstein**) für Marsilia als allgemeines Gesetz aufgestellt hatte.

In Bezug auf die Ausbildung des Wurzelkörpers ist den schon oben im allgemeinen Theil besprochenen Verhältnissen wenig Wesentliches mehr beizufügen. In Folge des ungleichmässigen Längenwachsthumes von Rinde und Cambiumcylinder nehmen die Segmente auf Längsschnitten nicht selten eine knieförmige Biegung an, indem ihre äusseren Theile oft mit der Längsachse der Wurzel fast parallel sind, während die inneren schon nahezu darauf rechtwinklig stehen (Taf. XIV, Fig. 7). Der knieförmige Absatz fällt meist mit der Cambiumwand zusammen. Dieselbe schneidet ungefähr die Hälfte der Segmentzelle, oft sogar einen noch grössern Theil derselben, für das Cambium ab. Es hat demgemäss der Cambiumcylinder unmittelbar nach seiner Anlage schon nahezu seine normale Dicke, und an Schnitten, die von der Scheitelzelle ziemlich entfernt sind, ist öfters sein Durchmesser immer noch grösser, als die Dicke der Rinde (Taf. XIV, Fig. 8 und Taf. XV, Fig. 6, wo p-p den Cambiumcylinder bezeichnet).

---

*) Die beiden Schemata wurden unter der Annahme von rechtsläufigen Segmentspiralen aufgestellt. Nimmt man linksläufige Spiralen an, so gestalten sich jene nicht wesentlich verschieden

**) l. c pg. 38.

Die durch die Epidermiswand abgeschnittene Zelle, ist, wenn sie sich tangential nicht mehr theilen soll, wie dies bei Pteris und Blechnum der Fall ist, sehr schmal, nimmt aber schon im anliegenden Segmente bedeutend an Dicke zu. Bei Polypodium, Struthiopteris, Aspidium, Cystopteris schneidet die Epidermiswand eine dickere Zelle ab, welche die Mutterzelle zweier Zellschichten darstellt, von denen die äussere die eigentliche Epidermis ist. Die unter ihr gelegene und als innere Epidermis zu bezeichnende bleibt meist tangential ungetheilt (Taf. XV. Fig. 3, 9 Fig. 7, 9); in anderen Fällen hingegen, wie bei Aspidium Filix mas und Struthiopteris germanica, theilt sie sich stellenweise ein-, selbst zweimal in dieser Richtung.

Was den Unterschied zwischen äusserer und innerer Rinde betrifft, so wurde schon im allgemeinen Theil erwähnt, dass er besonders dort auffallend wird, wo die inneren Rindenpartien sich durch häufige radiale Theilungen und durch spätere Verdickung der Wandungen zu einer Art verholzter Scheide umbilden, wobei jedoch die innerste Zellschicht dünnwandig bleibt. Theilung und Verdickung gehen in centrifugaler Folge vor sich. Letztere fällt der Zeit nach mit dem Sichtbarwerden der ersten Gefässe zusammen. Ihre Zellen sind meist porös; die Poren sind spaltenförmig und in Spirallinien gestellt. Die Länge dieser dickwandigen innern Rindenzellen übertrifft die der äusseren Rinden- und Epidermiszellen oft um ein bedeutendes. So finden wir, um nur ein Beispiel anzuführen, bei Polypodium dimorphum die ausgewachsenen Epidermiszellen 50 und die äusseren Rindenzellen im Mittel 100 Mik. lang, während die innern prosenchymatischen Rindenzellen bis 700 Mik. Länge erreichen. Die Verdickung erstreckt sich öfters auch, zugleich mit einer vorausgehenden starken Bräunung, auf die äusseren Rindenpartieen. Meist sind es rundliche Poren, seltener beobachten wir eine äusserst zierliche spiralige und netzfaserige Verdickung, ähnlich der, wie sie in der Wurzelhülle epiphytischer Orchideen vorkommt. Es ist dies der Fall bei Platycerium alcicorne, Polypodium aureum, P. dimorphum, etc.

Die immer dünnwandige innerste Schicht der inneren Rinde ist nur in jüngeren Wurzeltheilen erkennbar; in älteren hingegen, in denen sich schon stärkere Verdickungsschichten ausgebildet haben, werden ihre Zellen zusammengedrückt und undeutlich. Die zwei vor den Primordialgefässgruppen liegenden Zellenreihen, aus denen die Wurzelanlagen hervorgehen, sind nur selten durch ihre Grösse erkennbar, wie zum Beispiele bei mehreren Baumfarnen, wo sie die übrigen derselben Schicht angehörigen Zellen oft um das Dreifache an Weite übertreffen.

Der Entwicklung des Cambiumcylinders wurde ebenfalls schon im allgemeinen Theile gedacht. Das Pericambium ist bei allen Farnen vorhanden, meist aber nur einschichtig. Falls es mehrschichtig auftritt (Taf. XIV, Fig. 10. p) geht es immer aus einer einzigen Zellschicht hervor. Taf. XV, Fig. 6, p zeigt uns ein noch einschichtiges Pericambium, in dessen Zellen erst radiale Theilungen eingetreten sind. Soll ein mehrschichtiges gebildet werden, so vergrössern sich die Zellen bedeutend und theilen sich dann in der Regel kreuzweis, wobei jedoch die tangentiale Wand der radialen vorausgeht (Taf. XIV, Fig. 8, 9, p.).

Die Längstheilungen durch radiale Wände treten im Pericambium spärlicher auf, als im übrigen Cambium; desshalb sind seine Zellen bedeutend grösser. In der Breite (in tangentialer Richtung) kommen sie den innersten Rindenzellen gleich, oder übertreffen dieselben sogar etwas an Grösse. Anders verhält es sich mit den Quertheilungen. Diese wiederholen sich in den Pericambiumzellen häufiger, als in den beiderseits benachbarten Rinden- und Cambiumzellen, daher sie sich auch durch ihre Kürze auf Längsschnitten sehr leicht erkennen lassen (Taf. XV, Fig. 3 und 7, p). So messen sie bei Polypodium dimorphum im ausgewachsenen Zustande 85—100 Mik., indess die benachbarten prosenchymatischen Rindenzellen eine Länge von 700 Mik. haben. Die Pericambiumzellen bleiben ferner selbst im Alter dünnwandig, und führen einen granulösen Inhalt, ähnlich dem, wie wir ihn häufig in den Siebröhren z. B von Cucurbita finden.

Bei allen untersuchten Farnwurzeln wurden ausschliesslich diarche Gefässcylinder gefunden. Die beiden Primordialstränge bestehen längere Zeit aus einem einzigen Gefäss; erst nach und nach schreitet die Verholzung nach innen fort, bis endlich auch die in der Mitte gelegenen weiten Gefässe in der Zahl von 1—3 davon ergriffen werden. Die Länge der letzteren ist oft sehr bedeutend, und sie gehen von ihrer grössten Weite ganz allmählich in dünne und spitze Enden über. Bei Blechnum occidentale erreichen sie durchschnittlich die Länge von 2, öfters selbst von 3 M. M.

3. Marsilia.

Die Entwicklung und das Wachsthum der Wurzeln von Marsilia wurde in letzter Zeit von Hanstein*) untersucht. Er erkannte die tetraëdrische Gestalt der Scheitelzelle wie auch die Folge der in ihr auftretenden Theilungen ganz so, wie es oben als allgemeiner Wachsthumtypus der Wurzeln mit dreiseitiger Scheitelzelle beschrieben wurde.

In Bezug auf die Entwicklung der Wurzelhaube gibt Hanstein an, dass sich die von der Scheitelzelle durch eine Querwand abgeschnittene Kappenmutterzelle (primäre Kappenzelle) durch kreuzweis gestellte Wände in vier theile und dass dann jede dieser Zellen durch eine der Peripherie gleichlaufende Wand in eine äussere und eine innere Zelle zerlegt werde. Der letztere Theilungsvorgang wurde von uns an den beiden untersuchten Arten nie beobachtet, sondern es zeigten in dieser Beziehung alle Wurzeln den oben erörterten allgemeinen Typus, der auch in den weiteren Theilungen zu Tage trat, wofür Taf. XVI Fig. 8 und 9 als Beispiele dienen mögen (die successiven Wände sind mit 1, 2, 3, 4 bezeichnet). Eine Quertheilung der Kappe in zwei Schichten wurde nie beobachtet und es ist daher seitlich jedes Segment nur von einer einzigen Kappenschicht begrenzt.

---

*) Befruchtung und Entwickelung der Gattung Marsilia in Pringsheim's Jahrbüch. Band IV, 197.

Was die **Ausbildung des Wurzelkörpers** betrifft, so finden wir in Beziehung auf Entstehung der Segmente und Sextanten nichts von dem allgemeinen Typus abweichendes. Die Sextantenwände setzen sich sehr nahe am Grunde der Segmente an, wodurch der Unterschied zwischen grösseren und kleineren Sextanten fast ganz verschwindet (Taf. XVI, Fig. 5; h die Hauptwände, s die Sextantenwände.)

Die Epidermis und die äussere Rinde bleiben durchaus einschichtig und selbst bei dickeren Wurzeln zeigt letztere nur hie und da tangentiale Theilungen. Die Zellen der inneren Rinde dagegen erfahren reichliche tangentiale Theilungen, welche in centripetaler Folge entstehen. Zwischen je vier aneinanderstossenden Zellen der inneren Rinde treten Intercellulargänge auf, die äusserst regelmässig in radiale Reihen und concentrische Kreise geordnet sind. Die des äussersten Kreises (die nach aussen von der äusseren Rinde begrenzt sind) vergrössern sich sehr rasch und vereinigen sich mit denen des nächstfolgenden Kreises zu weiten, in radialer Richtung verlängerten Gängen. Die zwischen ihnen liegenden der äussersten Schicht der inneren Rinde angehörigen Zellen theilen sich nur 1—3 mal und vorherrschend in centrifugaler Folge durch tangentiale Wände. (Taf. XVI, Fig. 10; die grossen Luftgänge sind mit u bezeichnet; von den Zellen zwischen denselben ist eine noch ungetheilt, die andern sind in 2 und 3 Zellen getheilt.) Es werden somit zwischen je zwei benachbarten Luftgängen einschichtige Scheidewände gebildet, die auf dem Querschnitt der Wurzel als radiale Zellenreihen erscheinen. Betrachtet man diese Scheidewände zwischen den Luftgängen in etwas älteren Wurzeln vor der Fläche (d. h. im radialen Längsschnitt der Wurzel), so sieht man sie leiterförmig durchbrochen, indem ihre langgestreckten Zellen an zahlreichen Stellen sich getrennt und an den dazwischen befindlichen Stellen in radialer Richtung zu schmalen Fortsätzen sich ausgezogen haben. Die benachbarten Scheidewände sind öfters auch mit ihren innersten Zellen, welche auf gleiche Weise in tangentialer Richtung zu Fortsätzen ausgezogen sind, unter sich in Verbindung. Durch die leiterförmigen Durchbrechungen der Scheidewände stehen die grossen Luftgänge überall in Communication miteinander. Sie communiciren aber auch mit den kleinen inneren Gängen, so wie auch diese selbst sowohl in radialer als in tangentialer Richtung durch zahlreiche Anastomosen zusammenhängen.

Von den Zellen der innersten Rindenschichte sind die zwei vor den ersten Gefässen und diametral gegenüber liegenden auf Querschnitten durch ihre Grösse und weiters noch dadurch ausgezeichnet, dass unmittelbar über jeder derselben immer zwei radiale Reihen liegen, während über den übrigen Zellen dieser Schicht die dichotomische Spaltung der betreffenden Radialreihen erst in weiter nach aussen gelegenen Schichten eintritt (Taf. XVI, Fig. 12, a, a). Sie unterscheiden sich auch auf Längsschnitten durch ihre weit geringere Länge von allen übrigen Rindenzellen.

Das Pericambium ist überall einschichtig, und berührt unmittelbar die Gefässe. Bei allen Wurzeln beginnt die Gefässbildung an zwei diametral gegenüberliegenden Punkten. Den ersten Gefässen folgt jederseits rechts und links anstossend ein

zweites und endlich ein drittes, so dass die ersten einer Gruppe in eine tangentiale Reihe geordnet sind. Die Mitte des Gefässcylinders nehmen 3—4 weite Gefässe ein. Ihre Verholzung geht erst im Alter der Wurzel vor sich (Taf. VI, Fig. 12 wo jederseits innerhalb a eine Querreihe von 3 dunkelwandigen Gefässen und dazwischen 4 weite noch zartwandige Gefässe sichtbar sind).

Die Verzweigungen der Wurzeln sind den Gefässsträngen entsprechend zweizeilig gestellt. Sie werden schon sehr früh angelegt, und stehen anfangs sehr dicht gedrängt. Taf. XVI. Fig. 5 zeigt einen rechtwinklig auf die Verzweigungsebene geführten Schnitt. Man sieht an ihm alle Entwicklungsstufen von der noch ungetheilten Anlage an bis zur Bildung des sechseckigen Cambiumcylinders. In Bezug auf die 4 ältesten Wurzelanlagen ist der Parallelismus der sich entsprechenden Haupt- und Sextantenwände, welche auf eine ganz bestimmte und überall gleiche Lage der Scheitelzelle hinweisen, besonders hervorzuheben. Taf. XVI, Fig. 7 stellt einen Längsschnitt durch eine Mutterwurzel dar, durch den auch die Anlage der Tochterwurzel im Längsschnitte getroffen wurde. Diese hat erst drei Segmente gebildet; man sieht drei derselben (I, II, IV), das Segment III ist abgekehrt. Die Wurzelhaube besteht nur aus einer Kappe (k). Das erste und älteste Segment (I) ist von der Spitze der Mutterwurzel abgekehrt. Nach der Bildung der drei ersten Segmente (I, II, III) wurde die erste Kappe abgeschnitten, worauf dann abermals eine Segmentzelle (IV) die der ersten parallel ist, gebildet wurde.

Die Wurzeln von Pilularia stimmen in den ersten Stadien ihrer Entwicklung ganz mit denen von Marsilia überein. Der Cambiumcylinder ist wie bei allen einfach gebauten Wurzeln, entsprechend dem Verlaufe der Sextanten- und Cambiumwände, im Querschnitte sechseckig. Nur in einem einzigen Falle wurde in dieser Beziehung eine Ausnahme beobachtet, indem der Cambiumcylinder bloss von 5 Rindenzellen umgeben war (Taf. XVI, Fig. 13) was wohl nur in der Weise zu erklären ist, dass hier in einem Segmente die Bildung der Sextantenwand unterblieb. In Fig. 13 B ist das muthmassliche Theilungsschema aufgestellt, wonach sich eines der Segmente sogleich durch die Cambiumwand (c') getheilt hat, worauf die innere Zelle (innerhalb c') noch einmal durch eine tangentiale Wand in zwei zerfallen ist.

II. Wurzeln und wurzelähnliche Organe der übrigen Gefässcryptogamen und einiger Phanerogamen.

Die bisher betrachteten Wurzeln der Gefässcryptogamen mit dreiseitiger Scheitelzelle bilden einen einheitlichen Typus, der sich ohne allzu grosse Mühe ziemlich genau verfolgen lässt. Alle andern Wurzeln bieten der Untersuchung viel grössere Schwierigkeiten dar. Diejenigen der übrigen Gefässcryptogamen, nämlich von Lycopodium, Selaginella und Isoëtes, stehen in einem charakteristischen Gegensatz zu den Wurzeln der Equisetaceen, Filices und Marsiliaceen. Die erstern sind meistens gabelig getheilt, die letztern monopodial verzweigt. Bei

den erstern ist Alles, was auf das Scheitelwachsthum Bezug hat, unklar, die Form der Scheitelzelle, welche wahrscheinlich zwei- oder vierseitig ist, die Theilung derselben, welche sehr bald aufhört, die Bildung der Wurzelhaube, die Entwicklung der Segmente, die Entstehung der Verzweigungsanlagen. Dieser Gruppe von Gefässcryptogamen gehören auch die wurzelähnlichen, morphologisch von der Wurzel zu unterscheidenden Organe von Selaginella und Psilotum an. Eigenthümliche Erscheinungen treten bei den wenigen Phanerorgamen auf, die wir untersuchten, sie betreffen die erste Entstehung der Wurzelhaube und des Wurzelkörpers.

A. Wurzeln von Lycopodium (Taf. XVII).

Die Wurzeln dieser Pflanze entspringen an der Unterseite des kriechenden Stengels. Weder in Bezug auf den Ort ihres Auftretens, noch auf ihre gegenseitigen Abstände lässt sich irgend eine Regelmässigkeit erkennen. Die Stellen, an denen sie als warzenförmige Erhabenheiten an der Oberfläche des Stengels sichtbar werden, sind meist schon mehrere Centimeter von der Spitze entfernt. Wenn sie endlich hervortreten, wird das Rindengewebe des Stengels ringsum als Ringwall aufgeworfen.

Haben die Wurzeln eine durchschnittliche Länge von 3 oder 4 Centimenter erreicht und wahrscheinlich erst, wenn sie den Boden berühren, so gabeln sie sich. Die Theilungsebene steht immer senkrecht auf der Längsachse des Stengels. Ist einmal diese erste Verzweigung eingetreten, so folgen nun weitere Verästelungen sehr rasch aufeinander. Die beiden Aeste der ersten Gabelung sind immer gleich stark; die der folgenden Verzweigungen sind jedoch meist von ungleicher Stärke, in der Art, dass die beiden ersten Gabelzweige als Hauptachsen durch die ganzen Verzweigungssysteme erkennbar bleiben. Doch kommt es auch vor, dass in einem ganzen Verzweigungssysteme oder in beliebigen Theilen desselben der dichotomische Charakter mit gleich starken Gabelstrahlen ausgesprochen ist.

In Bezug zuf die Stellungsverhältnisse ist vor allem hervorzuheben, dass sich in den meisten Fällen zwei aufeinander senkrechte Verzweigungsebenen unterscheiden lassen, welche bald regelmässig von Verzweigung zu Verzweigung alterniren, bald auch unregelmässig auf einander folgen, indem zwei oder mehrere successive Verzweigungen in der gleichen Ebene liegen. Beide Vorkommnisse werden sowohl bei den wiederholt gabeligen, als bei den monopodial-verzweigten Wurzeln beobachtet. — Was den verticalen Abstand der Seitenstrahlen bei den letzteren betrifft, so ist derselbe in den selteneren Fällen annähernd gleich, so dass die Seitenstrahlen einzeln stehen und Divergenzen von $^1/_4$ und $^1/_2$ zeigen. Häufiger sind je zwei Seitenstrahlen einander genähert, oder selbst vollkommen in gleicher Höhe und einander opponirt. Die dadurch entstehenden Paare alterniren meistens regelmässig miteinander, so dass die Seitenwurzeln vierzeilig sind. Doch können auch zwei oder mehrere Paare gleich orientirt sein und eine fiederartige Verzweigung darstellen (Taf. XVII, Fig. 1, 2; vgl. die Erklärung der Tafeln).

Es ist noch zu bemerken, dass die Divergenzen nicht immer genau $^1/_2$ und $^1/_4$ des Umfanges betragen. Namentlich kommt es vor, dass die zwei Seitenstrahlen, die ein Paar bilden, nicht vollkommen opponirt sind, und ebenso, dass

die einzeln stehenden fiederartig gestellten Seitenwurzeln auf der einen Seite etwas mehr, auf der andern etwas weniger, als die Hälfte des Umfanges von einander abstehen. Besonders aber beobachtet man diese Abweichung, wenn von den 4 verticalen Zeilen der Divergenz $^1/_4$ eine ausfällt, was durch eine Spirale hervorgebracht wird, die zickzackförmig nach je zwei Schritten die Richtung wechselt. In diesem Falle sind die zwei opponirten Zeilen häufig etwas nach derjenigen Seite verschoben, wo die vierte Zeile mangelt, ihr Abstand beträgt hier 150—160°, während der Abstand von der dritten Zeile 100—105° ausmacht (Fig. 4). Auch können die Strahlen der beiden schief gegenüberstehenden Zeilen mehr oder weniger paarweise genähert sein.

Eine regelmässige Verzweigungsfolge mit constanten Divergenzen lässt sich in keiner Weise ableiten, man müsste denn ein Abortiren von gewissen Anlagen voraussetzen dürfen. Diese Voraussetzung könnte sich entweder an die Annahme einer durchgehends dichotomen, oder einer durchgehends monopodialen Verzweigung anschliessen. Im ersten Falle würde sich von den beiden Gabelästen meist der eine stärker ausbilden. Im zweiten Falle würde der Seitenstrahl zuweilen durch stärkeres Wachsthum dem Hauptstrahle gleich werden und mit ihm eine Pseudodichotomie darstellen. In beiden Fällen würde die Divergenz normal $^1/_4$ des Umfanges betragen, durch Unterdrückung einzelner Anlagen aber häufig zu $^1/_2$ werden.

Die nächste Frage, die sich darbietet, ist die, ob sich vielleicht die Stellung der Seitenstrahlen auf den Verlauf der Gefässstränge in der Mutterwurzel zurückführen lasse. Dies ist in keiner Weise der Fall. Abgesehen davon, dass die Zahl der Stränge auch in dünnen Wurzeln ziemlich hoch ist, wechselt sie in Folge öfterer Vereinigungen und Spaltungen in verschiedenen Höhen beträchtlich. Eine andere Schwierigkeit liegt darin, dass die Gefässstränge der Tochterwurzel längere Strecken weit im Gewebe der Mutterwurzel verlaufen, bevor sie sich mit den Gefässsträngen der letzteren vereinigen, es wird daher die an der Oberfläche ersichtliche Stellung möglicherweise nicht der ursprünglichen Anlage entsprechen.

Bei anderen Pflanzen, wo die Seitenwurzeln in einer bestimmten Beziehung zu den Gefässsträngen der Hauptwurzel stehen, lässt sich diese Erscheinung immer auf die erste Anlage zurückführen. Bei L y c o p o d i u m werden die Wurzelzweige schon an der Vegetationsspitze angelegt, wo die Differenzirung des Gewebes zu den Gefässbündeln noch nicht begonnen hat. Querschnitte, die durch die Spitze einer nicht zu dünnen Wurzel geführt werden, zeigen im Gewebe versteckt immer schon mehrere Wurzelgenerationen, indem die kaum erst gebildeten Anlagen der Wurzelzweige selbst schon sich wieder verzweigt haben. Dies kann sich sogar nochmals wiederholen, so dass wir also auf einem solchen Querschnitt in der That die Horizontalprojection eines ganzen Systemes von Verzweigungen vor uns haben. Diese Eigenthümlichkeit setzt uns aber auch in den Stand, die Verzweigungsrichtungen viel sicherer und genauer zu bestimmen, als dies bei einem schon entwickelten Verzweigungssysteme möglich ist. So sehen wir z. B. in Fig. 3 einen Hauptast (I) in seiner Vegetationsspitze quer durchschnitten. An ihm haben sich drei ungleich alte Wurzelanlagen ($_1$II, $_2$II, $_3$II) und zwar in

drei verschiedenen Theilungsebenen gebildet, welche mit der in Fig. 4 dargestellten Stellungsweise Analogie haben. An der grössten Wurzelanlage II. Ordnung ($_1$II) sind bereits zwei ungleich starke Anlagen III. Ordnung ($_1$III, $_2$III) sichtbar. Sie liegen in einer Verzweigungsebene, die jene von I und $_1$II unter einem rechten Winkel schneidet. Die nächst jüngere Anlage II. Ordnung ($_2$II) zeigt ebenfalls schon wieder zwei Anlagen ($_1$III, $_1$III), die gleich stark erscheinen. Ihre Verzweigungsebene bildet mit der von I und $_2$II ebenfalls einen rechten Winkel. Denken wir uns nun diesen ganzen Complex von Anlagen auseinandergerückt, so erhalten wir ein Verzweigungssystem, wie es früher geschildert wurde. Dieses Auseinanderrücken findet nun auch in der That statt, und es ist eine Folge des ungemein starken intercalaren Wachsthumes, das unmittelbar unter der Spitze am stärksten ist, und gegen den Grund eines Wurzelstrahles hin schwächer wird.

Die aus dem Stengel unter rechten Winkeln hervorbrechenden Wurzeln sind, so lange sie nicht in die Erde eindringen und sich verzweigen, lebhaft grün gefärbt. Auch die Zellen der Wurzelhaube enthalten Chlorophyll. Letztere zieht sich über den Wurzelkörper ziemlich tief grundwärts, und geht endlich in der Weise verloren, dass die Zellwände, indem sie in Wasser sehr stark aufquellen, zu einem homogenen Schleime zusammenfliessen, der in seinem Innern nur mehr die Lumina der früheren Zellen, nicht aber die Begrenzungslinien der letzteren erkennen lässt (Fig. 7, w).

Die an der Vegetationsspitze gelegenen Zellen der Wurzelhaube, wie auch die des Wurzelkörpers, sind sehr flach gedrückt, daher auch auf Querschnitten, die durch diese Region geführt werden, die Anordnung der Zellen nicht deutlich wird. In dem ziemlich grosszelligen Meristem, welches grundwärts auf die Scheitelregion folgt, tritt eine lebhafte Zellentheilung auf. Auf Querschnitten erscheinen die Theilungswände in den äusseren Partieen fast ausschliesslich genau tangential und radial gestellt, während sie in den inneren Partieen ebenso häufig schiefe Richtungen zeigen. In letzteren geht auch die Theilung noch viel lebhafter als in den äusseren Partieen vor sich, und das Gewebe erscheint in Folge dessen kleinzelliger. Damit ist nun der erste Unterschied zwischen Rinde und Cambiumcylinder gegeben, wobei allerdings die Grenze zwischen beiden durchaus nicht deutlich zu erkennen ist. Im Verlaufe der Entwicklung hören nun in der Rinde die Theilungen von der Peripherie gegen das Centrum allmählich auf und gehen endlich nur mehr in ihren innersten Schichten vor sich.

Zu gleicher Zeit erscheinen im Umkreise des Cambiumcylinders mehrere (meist 7) hellere Partieen, die allmählich nach innen sich verlängern, und dort unter sich verschmelzen. Sie bestehen aus grösseren mit wasserhellem Inhalt erfüllten Zellen, von denen die an der Peripherie gelegenen sich nicht mehr theilen, während die weiter innen befindlichen auch in späteren Stadien noch öfters tangentiale Theilungswände erkennen lassen. Vor jeder dieser hellen Partieen nun beginnt die Verholzung der Gefässe, die zuerst in tangentialer Richtung fortschreitet und so eine Reihe von 8—12 neben einander liegenden Gefässen bildet, dann aber nach innen sich wendet, was eine Verdopplung oder Verdreifachung der transversalen Gefässreihe zur Folge hat. (Vergl. Fig. 13 bei g). Zu gleicher

Zeit mit dem Sichtbarwerden der ersten Gefässe treten auch abwechselnd mit den Stellen, an denen dieselben sich bilden, und etwas weiter nach dem Centrum gelegen, kleine Gruppen verdickter und heller gefärbter Zellen auf, die ohne allen Zweifel als Bastzellen zu bezeichnen sind. (Fig. 13 bei b).

Es hat sich somit ein Kreis von primordialen Vasalsträngen und etwas einwärts von demselben ein Kreis von primordialen Basisträngen gebildet. Von beiden schreitet die Verholzung der Zellen nach dem Centrum der Wurzel fort. Auf die primordialen Baststränge folgen nach innen Zellen von gleicher Grösse und Gestalt. Auf die primordialen Vasalstränge folgen zunächst kleinere Zellen, die zu Holzzellen sich verdicken; dann weite Zellen, die zu Treppengefässen sich ausbilden und die ebenfalls wieder mit Holzzellen abwechseln können. Der Gefässcylinder, der aus diesem Verholzungsprocesse entsteht, hat einen strahligen Bau wie im Stämmchen. Er besteht aus breiten Strahlen, die dem Holzkörper (Xylem) und aus schmäleren Strahlen, die dem Bastkörper (Phloëm) der übrigen Gefässstränge entsprechen — Wenn dieser centripetale Verholzungsprocess schon ziemlich weit fortgeschritten ist, beginnt die Verholzung auch auf der Aussenseite der Bastbündel (Fig. 13, b), schreitet in den zwischen je zwei Vasalsträngen (g) gelegenen Zellenpartieen nach aussen fort, und ergreift auch eine oder zwei Reihen der an der Aussenseite der Vasalstränge gelegenen Zellen.

Zugleich mit der im Gefässcylinder beginnenden Verholzung verdicken sich auch die inneren Rindenzellen, mit Ausschluss der 2—3 innersten Schichten. Dieser Process schreitet dann nach aussen fort, tritt jedoch nicht in allen Partieen in gleicher Stärke auf, indem die inneren ihre Zellen viel stärker verdicken als die äusseren. Erstere unterscheiden sich schon früher durch ihre engeren, prosenchymatischen und viel längeren (bis 0,5 Mill.) Zellen von den letzteren, welche fast doppelt so weit sind und mit quer oder schief gestellten Wänden aneinander stossen. Doch ist die Abgrenzung dieser beiden Rindenpartieen durchaus nicht scharf, und es findet sowohl in Form und Weite der Zellen, als auch in Bezug auf die Stärke der Verdickung ein allmählicher Uebergang zwischen beiden statt. Die an der Grenze zwischen diesen beiden Rindenpartieen gelegenen Zellen zerreissen im Alter, und die äussere Rinde trennt sich als Hohlcylinder von der inneren Aber auch diese trennt sich in ähnlicher Weise von dem centralen Gefässcylinder, indem die zwei oder drei innersten Rindenschichten, deren Zellen vom Verdickungsprozesse ausgeschlossen blieben, zerreissen. So sehen wir dann im Alter der Wurzel den Gefässcylinder von zwei in einander geschobenen Röhren umschlossen, von denen jedoch die äussere nach und nach zerreisst, und in grösseren oder kleineren Fetzen sich ablösst, während die innere fortwährend dem Gefässcylinder enge anliegt.

Es wurde schon oben erwähnt, dass die Wurzeln rechtwinklig zur Längsachse des Stengels aus demselben hervorbrechen. Ihre primordialen Vasalstränge, deren Zahl, wie oben angegeben, zwischen 6 — 12 und darüber schwankt, setzen sich an die des Stengels an. Fig. 10 stellt uns ein Schema des Strangverlaufes im Stengel zunächst einer sich abzweigenden Wurzel dar. Es wurde durch Vergleichung successiver Querschnitte erhalten, die durch 43 Internodien

fortgesetzt wurden. Die Blattspurstränge der grundwärts aufeinanderfolgenden Blätter wurden mit Zahlen bezeichnet, ihre Ansatzstellen im Schema durch Punkte angegeben. Ueber der Wurzel hat der Gefässcylinder des Stengels in seinem Umfange 11 primordiale Vasalstränge, die mit den Buchstaben a–l bezeichnet sind. Unter der Wurzel sind deren 10, indem d und e sich mit einander vereinigt haben. Die Wurzel enthält an der Peripherie ihres Gefässcylinders 9 primordiale Vasalstränge; die Stellen, wo sich dieselben an diejenigen des Stengels ansetzen, sind durch die Buchstaben m–u angegeben. Es setzen sich also in diesem Falle die 9 Stränge der Wurzel an 4 bis 5 des Stengels an, also im Allgemeinen an jeden Primordialstrang des Stengels je zwei der Wurzel, einer scheitelwärts und einer grundwärts, an.

Der im vorhergehenden gegebenen Darstellung wurden ausschliesslich dicke, meist noch unverzweigte Wurzeln zu Grunde gelegt. Mit zunehmender Verzweigung wird auch der Bau der Aeste und Zweige immer einfacher, so dass bei den letzten Verzweigungen die äussere Rinde auf eine, die innere auf zwei bis drei Zellschichten beschränkt ist (Fig. 11). Ebenso einfach ist der Bau des Gefässcylinders, der nur einen einzigen seitlich gelegenen Vasalstrang besitzt. Die letzten Verzweigungen stellen fast ausnahmslos Gabelenden dar, indem der Strahl der nächst niederen Ordnung sich in zwei gleichstarke (vielleicht auch gleichwerthige*) Zweige fortsetzt. In diesen beiden Zweigen nun liegen die excentrischen Vasalstränge einander zugekehrt. Meist ist nur eine einzige Querreihe von Gefässen vorhanden, die sich nicht selten über die halbe, oft auch über zwei Drittel der Peripherie erstreckt.

Es bliebe uns noch die Frage zu beantworten, wie das Wachsthum der Wurzel in den ersten Stadien vor sich gehe, ob auch hier eine einzige Scheitelzelle vorhanden sei, und wenn diess der Fall, in welcher Weise die Theilungen stattfinden. Die Beobachtung der Scheitelregion hat jedoch die grössten Schwierigkeiten. Es wurde schon oben erwähnt, dass daselbst die Wurzelanlagen verschiedener Generationen so rasch nach einander gebildet werden, dass wir auf einem Querschnitte immer mehrere derselben wahrnehmen. Diese Wurzelanlagen gehen von der Mutterwurzel unter spitzen Winkeln ab, und werden daher von dem Querschnitte schief getroffen, so dass man weder über die Richtung, noch über die Höhe des Schnittes genau ins Klare kommt. Je dickere Wurzeln wir zur Untersuchung verwenden, um so complicirter werden diese Verhältnisse, und wir müssen uns daher immer an die dünnsten Wurzeln halten. Unter diesen

*) Dies wäre der Fall, wenn sich die Scheitelzelle, statt durch schiefe Wände, durch eine verticale Wand in zwei neue Scheitelzellen spalten würde, wie es Hofmeister (Vergl. Unt. pg. 117) angibt. Doch scheint uns eine solche Halbirung schwer mit den Theilungsprocessen in der Scheitelzelle der Gefässcryptogamen vereinbar zu sein und überdem halten wir es für nahezu unmöglich, sie durch directe Beobachtung nachzuweisen. Wenn, was dagegen nicht unmöglich ist, auf irgend eine andere Weise Dichotomie eintreten sollte, so wäre dies gewiss nicht die einzige Verzweigungsweise. Dagegen spricht einmal die ungleiche Mächtigkeit der Aeste und Zweige, anderseits aber auch Fälle, wie der in Fig. 2 abgebildete, in welchem die beiden Seitenstrahlen ($_1$II, $_1$II) genau opponirt sind.

finden wir nun allerdings Enden, an denen keine weitere Verzweigung zu erkennen ist, die also einen einzigen Scheitel zeigen. In solchen Fällen beweist jedoch die Untersuchung, dass wir nicht mehr ein in Theilung begriffenes Gewebe, sondern ein Dauergewebe vor uns haben. Es ist dies eine Folge der schon oben erwähnten Thatsache, dass das Längenwachsthum der Wurzeln fast ausschliesslich durch intercalare Zelltheilung vor sich geht. Die Scheitelzelle theilt sich verhältnissmässig selten. Dagegen muss eine sehr lebhafte Zellenvermehrung in den Segmenten stattfinden. Man bleibt daher nicht blos über die Frage, wie die Scheitelzelle sich theile, im Ungewissen; sondern selbst darüber, ob wirklich eine einzige Scheitelzelle vorhanden sei, geben die meisten Längs- und Querschnitte keinen genügenden Aufschluss. Denn die sichere Deutung einer Zelle als Scheitelzelle ist nur dort möglich, wo die Segmente in ihrer Form und in ihrem Aneinanderschliessen noch erkannt werden können, wo man also eine Gruppirung des Gewebes um eine dieser Anordnung entsprechend gestaltete Zelle deutlich wahrnimmt. Man gelangt nun allerdings nach einer längeren Untersuchungsreihe zu der Ueberzeugung, dass auch die Wurzeln der Lycopodien eine einzige Scheitelzelle besitzen und dass sich dieselbe durch schiefe Wände theilt Denn auf einzelnen Längsschnitten durch unverzweigte Wurzelenden sieht man deutlich, beiderseits der Achse, schief gestellte Wände, welche am Scheitel zusammenschliessen, und einen dreieckigen Raum, die Scheitelzelle umgeben.

Da die Theilung der Scheitelzelle sehr früh aufhört, so muss man, um vollkommene Sicherheit über die Theilungsvorgänge in derselben zu erlangen, die Untersuchungen an ganz jungen, eben erst gebildeten Wurzelanlagen anstellen, an solchen nämlich, die noch im Gewebe der Mutterwurzel versteckt sind, oder soeben aus demselben hervorbrachen. Aber auch dann wird uns ein Längsschnitt erst in dem Falle Aufschluss geben, wenn er parallel der letzten Gabeltheilung geführt ist. Läuft er nicht parallel der Theilungsebene, so haben die Gabelzweige eine zur Ebene des Gesichtsfeldes schiefe Lage, und bringt er nicht die Zweige der letzten Ordnung zur Ansicht, so kann man natürlich auch keine Scheitelzelle sehen.

Ob diese Bedingungen erfüllt werden, ist allerdings zum grossen Theile Sache des Zufalles; doch können wir aus der ziemlich regelmässigen Aufeinanderfolge der Lage der Verzweigungsebenen einige Anhaltspunkte gewinnen. Wenn wir durch den letzten Zweig, unter der Voraussetzung, dass er sich noch einmal theile, rechtwinkelig auf die Theilungsebene, in der er sich gebildet hat, einen Schnitt führen, so ist es möglich, Anlagen der Gabelzweige der nächst höheren Ordnung zur Ansicht zu bringen. In solchen Fällen erkennen wir nun deutlich eine Scheitelzelle, die keilförmig dem Gewebe des Wurzelkörpers eingesenkt und von einer Wurzelhaube bedeckt ist (Fig. 12). Nach der Lage der Wurzelhaubenschichten und deren Ansatz an den Wurzelkörper zu schliessen, ist es wohl zweifellos, dass auch hier von der Scheitelzelle durch Querwände eine primäre Kappenzelle abgeschnitten wird. Aus der Form der Scheitelzelle und aus der Lage der ihr beiderseits anliegenden Segmente erkennen wir ferner, dass letztere durch schiefe Theilungen gebildet werden.

Um jedoch die Anzahl der Richtungen zu bestimmen, nach welchen diese schiefen Theilungen eintreten, müssen wir entweder einen auf diesen senkrechten Längsschnitt oder einen Querschnitt untersuchen. Die richtige Führung eines solchen Längsschnittes ist rein Sache des Zufalles und entzieht sich ganz der Bestimmung. Nicht minder schwierig sind gute Querschnitte zu erhalten, da auch sie bei der spreitzenden Lage der Wurzelanlagen schiefe Ansichten geben. Wenn wir jedoch durch die letzten unverzweigten Enden, an welchen wir uns über Richtung und Höhe des Schnittes orientiren können, Querschnitte machen, so stehen die Zellen am Scheitel immer in Reihen, die sich rechtwinklig kreuzen und im Allgemeinen eine rechteckige Form haben, wie es die in Fig. 5 und 6 dargestellten Ansichten zeigen (die vermuthliche Scheitelzelle ist mit v bezeichnet).

Eine ähnliche Anordnung finden wir auch am Scheitel des Stengels, und es lässt sich diese Erscheinung wohl kaum anders deuten, als dass in beiden Organen die schiefen Theilungen der Scheitelzelle alternirend nach zwei oder nach vier Richtungen stattfinden. Wenigstens scheint eine Divergenz der Theilungswände von $1/3$, $2/5$ etc. entschieden ausgeschlossen zu sein. Bei Erwägung aller während einer längeren Untersuchung beobachteten Thatsachen ist es uns wahrscheinlicher, dass die schiefen Wände der Scheitelzelle nach 4 Richtungen abwechseln. Dafür spricht namentlich auch der Umstand, dass die Verzweigungen der Wurzeln nach 4 Seiten gestellt sind. Diese Verzweigungen werden, wie schon erwähnt wurde, sehr frühe und zwar zu einer Zeit angelegt, wo von einer Differenzirung des Gewebes in Rinde und Cambiumcylinder noch nichts wahrzunehmen ist. Wir müssen theils nach den beobachteten Thatsachen, wozu namentlich auch die gedrängte Stellung mehrfacher Generationen von Anlagen gehört, theils wegen der regelmässigen Anordnung der Wurzelverzweigungen annehmen, dass ihre Anlagen schon in der Scheitelregion, und zwar entweder in der Scheitelzelle selbst, oder in den Segmentzellen gebildet werden. Geschieht, wie es am wahrsheinlichsten ist, die Bildung in den Segmenten, so dürften diese in 4 senkrechten Reihen stehen. Findet sie aber in der Scheitelzelle statt, so muss dieselbe entweder eine 4seitige Form haben und nach 4 Seiten sich theilen, oder sie ist zweischneidig, und dann muss sie ihre Theilungsrichtung wechseln, wofür aber keine Analogieen gegeben sind.

Die Wahrscheinlichkeit spricht also dafür, dass die Scheitelzelle der Lycopodienwurzeln die Form einer 4seitigen Pyramide habe, und dass sie sich abwechselnd durch Wände, die mit ihren 4 Seiten parallel sind, theile. Diess kann rücksichtlich der Aufeinanderfolge der Wände in doppelter Weise stattfinden. Entweder bilden dieselben eine ununterbrochene Spirale mit der Divergenz von 90°, oder es liegen je zwei Wände gegenüber, und kreuzen sich mit dem folgenden Paare. Wir haben darüber keine bestimmte Vermuthung.

Es bleibt somit auch die früher berührte Frage, ob die Verzweigung ursprünglich dichotom oder monopodial sei, noch unerledigt. Eine wahre Dichotomie wäre nämlich sowohl möglich, wenn die Anlagen der Verzweigungen in den Scheitelzellen, als wenn sie in den gegenüberliegenden Rändern eines halb umfassenden Segmentes (bei zweizeiliger Anordnung der Segmente) gebildet

9*

würden; und nicht weit von der wahren Dichotomie würde die Verzweigung sich entfernen, wenn die Anlagen in den paarweise opponirten Segmenten der vierzeiligen Anordnung entstünden. Die Entwicklungsgeschichte gibt über diesen Punkt durchaus keinen Aufschluss.

Eigenthümlich ist die Bildung der Wurzelhaare, indem nämlich nicht die ganzen Epidermiszellen auswachsen, sondern nur Theile derselben, die früher durch schiefe Wände abgeschnitten werden. Die Epidermis, die sich bis an die Scheitelzelle verfolgen lässt, besteht anfangs aus flachen radial verlängerten Zellen (Fig. 12, o). Noch bevor sie unter der Wurzelhaube hervortritt, sehen wir in vielen ihrer Zellen schiefverlaufende Theilungswände auftreten, die von deren grundsichtigen Hälften ein Stück abschneiden (Fig. 8, p). Die so gebildete keilförmige Zelle theilt sich nun 1 — 3 mal durch eine auf die schiefe Wand rechtwinklige in 2 — 4 neben einanderliegende Zellen (Fig. 9, p), deren jede zu einem Haare auswächst, während zugleich der übrige Theil der Epidermiszelle rasch sich in die Länge streckt. Diess erklärt uns auch die Erscheinung, dass die Haare in Gruppen beisammen stehen. Oefters findet man auch einzeln stehende Haare. In diesem Falle schneidet die erste in der Epidermiszelle auftretende schiefe Wand nicht eine Kante, sondern bloss eine Ecke derselben ab.

B. Wurzeln und Wurzelträger von Selaginella. (Taf. XVIII.)

Die an den Gabeltheilungen des Stengels vieler Arten von Selaginella befestigten Organe, aus denen, wenn sie den Boden erreicht haben, mehrere Wurzeln hervorsprossen, wurden von jeher für Wurzeln gehalten. Wenn diess auch, wie wir später sehen werden, für die einen Arten richtig ist, so fehlen doch bei andern Species diesen Organen diejenigen Merkmale, welche eine Wurzel charakterisiren. Namentlich ist es der Mangel einer Wurzelhaube, welcher sie deutlich als Stengeltheile bezeichnet. Wir wollen sie Wurzelträger nennen, da aus ihnen die wahren Wurzeln hervorwachsen.

Die Stellung der Wurzelträger ist genau bestimmt. Bei S. Kraussiana (Kunze) A. Br. (S. hortensis Mett.) entspringen sie auf der Oberseite des Stengels ziemlich genau am Grunde je eines Astes (des schwächern Gabelzweiges), gehen dann bogenförmig um den Stengel herum und wachsen senkrecht nach unten. Da die Aeste alternirend rechts und links stehen, so verlaufen auch die Wurzelträger abwechselnd an der rechten und linken Seite des Stengels. Sie sind an allen Gabelungen vorhanden und lassen sich auch an den jüngsten mit freiem Auge kaum wahrnehmbaren Verzweigungen deutlich nachweisen.

Ausnahmsweise treten bei S. Kraussiana an einer Verzweigung des Stengels, statt eines zwei Wurzelträger auf. Beide entspringen neben einander an der Oberseite des Stengels, und zwar der normale in der eben angegebenen Weise; der accessorische verlässt weiter entfernt vom Aste den Stengel und biegt sich auf der andern Seite um den letztern herum.

Obwohl es uns nicht gelang, die Anlage und die ersten Entwicklungsstadien

dieser Organe zu verfolgen, so ist es doch unzweifelhaft, dass sie unmittelbar am Scheitel des Stengels und wahrscheinlich zu gleicher Zeit mit den betreffenden Verzweigungen angelegt werden. In den jüngsten Stadien nämlich, welche es gelang deutlich zu machen, und in welchen die Wurzelträger kaum über die Oberfläche des Stengels hervorgetreten waren, zeigten ihre Gefässbündel gerade den gleichen Entwicklungszustand, wie die auf gleicher Höhe im Stengel verlaufenden. Ebenso ging auch das Gewebe des Stengels allmählich und ohne irgend eine Begrenzung zu zeigen, in das Gewebe des Wurzelträgers über, in ähnlicher Weise, wie das Gewebe des Stengels in das des Blattes übergeht. — Auf Querschnitten durch die Stengelenden, die also die jungen Wurzelträger im Längsschnitt treffen, sieht man die erwähnten Verhältnisse vollkommen klar. Man erkennt zugleich auch an der Spitze dieser Organe die dreiseitige Scheitelzelle und die leiterförmig in einander greifenden Segmente (Tab. XVIII, Fig. 2); von einer die Scheitelregion überdeckenden Wurzelhaube ist keine Spur vorhanden.

Ein Längsschnitt durch den Wurzelträger, der durch einen Längsschnitt des Stengels erhalten wird, zeigt uns am Scheitel desselben bogenförmig verlaufende Linien, so wie wir sie bei zweischneidigen Scheitelzellen, wenn die Segmente von der breiten Seite gesehen werden, wahrnehmen. Obwohl es nicht gelang, die Form der Scheitelzelle auch auf Querschnitten des Wurzelträgers (auf Tangentialschnitten des Stengels) zu erkennen, so ist doch nach der Vergleichung der beiden Längsschnitte kaum zu bezweifeln, dass wir es hier, in Uebereinstimmung mit dem Stengel, mit einer zweischneidigen Scheitelzelle zu thun haben, deren Seitenflächen in dem horizontal austretenden Wurzelträger mit der Längsachse des Stengels parallel sind. Die in der Scheitelzelle auftretenden Theilungswände sind abwechselnd den beiden Seitenflächen derselben parallel, und dem entsprechend liegen auch die Segmente mit ihren Hauptwänden in der Richtung der Längsachse des Stengels.

Die Theilung der Scheitelzelle hört jedoch bald auf, wogegen in den Segmenten fortwährend eine rasche Zellenbildung vor sich geht. Als Folge dieser lebhaften Zellvermehrung in den Segmenten erhalten wir im optischen Längsschnitt eine fächerförmige Anordnung der Zellreihen, wobei weder die Scheitelzelle, noch die Begrenzungslinien der einzelnen Segmente mehr erkannt werden können.

Bis zu diesem Stadium der Entwicklung ist der Wurzelträger noch immer kegelförmig zugespitzt. Nur ist er in seiner ganzen Länge seitlich etwas zusammengedrückt und zwar so, dass der Querschnitt eine Ellipse darstellt, deren längere Achse der Längsachse des Stengels parallel ist. Er ist in diesem Stadium kaum 1 Mill. lang; seine Spitze ist jedoch schon nahezu vertical nach abwärts gerichtet. Durch die lebhafte Theilung in den die Scheitelfläche einnehmenden peripherischen Zellen wird das Ende bald kopfförmig aufgetrieben (Fig. 1; 8 A). Um diese Zeit sehen wir auch im Innern der Basis dieses kopfförmigen Endes an zwei oder mehreren Puncten einen lebhaften Zellenbildungsprozess beginnen, und man unterscheidet an Längs- und Querschnitten ebenso viele Wurzelanlagen, als welche sie sich durch die bald deutlich zu unterscheidende Wurzelhaube erkennen lassen. Es ist wahrscheinlich dass in den meisten Fällen zwei davon der ersten Genera-

tion angehören und dass die übrigen aus diesen beiden in erster oder zweiter Generation abstammen, so wie wir es oben für Lycopodium erörtert haben.

Der früher erwähnte Theilungsprozess in den Zellen des kopfförmig angeschwollenen Endes des Wurzelträgers hört nun nach und nach auf, die Zellen verdicken ihre Wandungen und erscheinen mit wasserhellem Inhalte erfüllt. Um so lebhafter geht dafür die Zellenvermehrung in dem übrigen Wurzelträger vor sich. In Folge dieses ungemein starken intercalaren Wachsthumes erreicht derselbe nun rasch eine bedeutende (bis 6 Centim.) Länge. Die Streckung der Zellen ist dabei eine sehr beträchtliche. So mass z. B. eine Epidermiszelle an dem Grunde eines 45 Mill. langen Wurzelträgers im Durchschnitt 170 Mik., während ihre Länge am Grunde eines einen halben Mill. langen nur 19 Mik. betrug.

Erst wenn die Spitze des Wurzelträgers die Erde berührt, entwickeln sich die Wurzelanlagen weiter. In den Zellen des kopfförmigen Endes geht ein Desorganisationsprocess vor sich, in Folge dessen sie endlich zu einem homogenen durchsichtigen Schleime zusammenfliessen, der gleichmässig die Wurzelanlagen umhüllt, bei deren Weiterentwicklung aber allmählich verschwindet.

An dem Wurzelträger kann man ganz deutlich eine Rinde und den centralen Gefässcylinder unterscheiden. Die erstere besteht aus einem weder radial noch concentrisch geordneten Gewebe, dessen Zellen mit Ausnahme der innersten an den Gefässcylinder anstossenden Schicht ihre Wandungen stark verdicken. (Fig. 6.) Im Gefässcylinder treten die ersten und engsten Gefässe central auf. Auf diese folgen dann ringsum nach aussen sehr weite, radial verlängerte Treppengefässe, die ihrerseits von einem kleinzelligen, aus 3—5 Zellschichten gebildeten Gewebe, das auch zugleich den Gefässcylinder abgrenzt, umschlossen werden. (Fig. 6.)

Der Gefässcylinder des Wurzelträgers setzt sich an denjenigen Gefässstrang des Stengels an, welcher auf der Seite des Astes sich befindet, und zwar dicht unter oder neben dem Querjoche, welches an der Gabelung diesen Strang mit dem andern verbindet. Von hier geht er nach aussen, durchdringt dabei in schwachem Bogen das Rindengewebe der obern Seite und setzt dann diesen gekrümmten Verlauf in dem Wurzelträger selbst fort.

Die streng centrifugale Entwicklungsgeschichte des Gefässcylinders im Wurzelträger von S. Kraussiana ist eine der merkwürdigsten Thatsachen, indem sie eine vollkommene Anomalie darstellt. Bei allen Selaginellen und Lycopodien sowie bei Psilotum beginnt sowohl in den Wurzeln als in den Stengeltheilen die Gefässbildung an der Peripherie des Cambiumcylinders und schreitet von hier nach dem Mittelpunkte hin fort. Bei S. Kraussiana insbesondere, deren Stengel zwei getrennte Gefässstränge (statt eines ungetheilten Gefässcylinders) besitzt, befindet sich in jedem derselben der aus engen Spiralgefässen bestehende Primordialstrang an der dem Stengelcentrum abgekehrten Seite, was der peripherischen Stellung im Gefässcylinder der übrigen Arten entspricht.

Die Wurzelträger von S. Kraussiana unterscheiden sich also in der Richtung, welche die Gefässbildung auf dem Querschnitte einschlägt, von den Wur-

zeln aller Pflanzen ohne Ausnahme. Sie stehen in dieser Beziehung auch im Gegensatz zu den Stengelorganen der verwandten Gewächse, stimmen aber mit den Stengeln einiger Cryptogamen und aller Phanerogamen überein.

Auch bei S. Martensii Spr. ist ein Wurzelträger vorhanden. Er tritt hier auf der Unterseite unmittelbar am Gabelungswinkel des Stämmchens an die Oberfläche, und geht also, ohne sich weiter zu krümmen, vertical nach abwärts. An sehr vielen Gabelungsstellen sind zwei Wurzelträger vorhanden, von denen der eine die eben beschriebene Lage und Richtung einhält, während der andere auf der Oberseite nur etwas entfernter vom Gabelungswinkel entspringt, sich im Bogen um den Stengel herumkrümmt, und dann vertical nach abwärts wendet. Aber auch überall dort, wo nur der untere Wurzelträger ausgebildet ist, sehen wir den oberen, wenigstens als kleinen Höcker, an der soeben bezeichneten Stelle vorhanden. Ein Längsschnitt des Stämmchens, der senkrecht auf seine Verzweigungsebene geführt wird, durchschneidet also beide Wurzelträger (Fig. 10, E und F) und zeigt uns an jedem derselben den Verlauf des centralen Gefässcylinders (e und f). Wir beobachten, dass sich beide Gefässcylinder bogenförmig nach innen krümmen und in der Mitte des Stämmchens vereinigen, dann parallel seiner Längsachse bis zum Gabelungswinkel des sich spaltenden Gefässcylinders verlaufen, und an beide Aeste desselben anschliessen. Dabei setzt sich die, den Gefässcylinder des Stämmchens umgebende Luftlücke auch in den Wurzelträger hinein fort, (was ebenfalls bei S. Kraussiana der Fall ist) indem sie seinen Gefässcylinder bis zur Spaltungsstelle, öfters sogar noch die beiden Aeste desselben begleitet, doch nie die Oberfläche des Stämmchens erreicht.

Dieses anatomische Verhalten gestattet eine doppelte Erklärung. Die beiden äusserlich vollkommen getrennten Wurzelträger entstehen entweder getrennt am Stämmchen und es vereinigen sich bloss ihre Gefässcylinder am Grunde. Oder die beiden Wurzelträger sind, entsprechend dem Verhalten ihrer Gefässcylinder, als Verzweigungen eines ursprünglich einfachen Organes zu betrachten. Letzteres ist uns unwahrscheinlich, da, wie wir später sehen werden, die Lage der primordialen Vasalstränge in den beiden Wurzelträgern nicht die nämliche ist wie in den beiden Aesten einer Gabelverzweigung. Bei S. Martensii gabelt sich nämlich jeder Wurzelträger, ehe er den Boden erreicht, in der Regel ein oder mehrmals, wobei jede folgende Gabelungsebene die vorausgehende rechtwinklig schneidet und die Schenkel der ersten Gabelung rechts und links liegen.

Ueber die ganze Oberfläche des Wurzelträgers sind zahlreiche kegelförmige Höcker zerstreut, deren jeder sich als einen Complex langgestreckter Zellen darstellt. Sie entstehen aus einer Gruppe von Epidermiszellen, die sich mehrere Male durch tangentiale Wände theilen, worauf sich dann die Zellen bedeutend strecken (Fig. 5).

Die Entwicklung des Wurzelträgers geht auf die oben für S. Kraussiana angegebene Weise vor sich. Doch weicht der Bau insofern wesentlich ab, als die engen Primordialgefässe nicht im Centrum, sondern an der Peripherie liegen und da selbst einen einzigen Strang bilden, welcher in dem primären Strahl auf der grundsichtigen Seite sich befindet; d. h. auf derjenigen Seite, die der Basis

des Stengels zugekehrt ist. Führt man einen Querschnitt durch die Gabelung des Stengels, bevor die Gefässcylinder der beiden Wurzelträger aus dem Rindengewebe hervorgetreten sind, so sieht man hier die Primordialstränge auf der äussern Seite (einander abgekehrt).

In den Gabelästen des Wurzelträgers liegen die Primordialstränge auf der innern Seite, sind also einander zugekehrt. Da wo sich die beiden Gefässcylinder vereinigen, machen ihre Primordialstränge einen Umlauf von 90°, um sich zu dem Primordialstrang des Mutterstrahls zu vereinigen. Fig. 3 zeigt einen Querschnitt dicht über der Vereinigungsstelle; h bezeichnet die weiten porösen, g die engen Spiralgefässe. Die letztern haben die zugekehrte Lage verlassen und sind seitlich gewandert.

Die Vereinigung der Gefässcylinder der beiden Gabeläste findet nicht unmittelbar an der Verzweigungsstelle, sondern mehr oder weniger grundwärts von derselben im Mutterstrahl statt, so dass also der Endtheil des letztern von zwei Gefässcylindern durchzogen wird. In dem primären Strahl kann die ganze scheitelsichtige Hälfte, in den secundären und folgenden Strahlen selbst die ganze Länge, zwei getrennte Gefässcylinder enthalten. Da die Primordialstränge in denselben einander zugekehrt sind, so zeigt das ganze Verhalten einige Analogie mit S. Kraussiana, wo in dem ungetheilten Gefässcylinder die primordialen Gefässe central gestellt sind.

Wie bereits erwähnt worden, werden die Wurzeln in dem verdickten Ende des Wurzelträgers schon sehr früh angelegt, entwickeln sich jedoch erst, wenn der letztere in die Erde gelangt. Untersucht man um diese Zeit Querschnitte, die durch die Spitze des Wurzelträgers geführt sind, so findet man meist schon mehrere Wurzelanlagen, deren gegenseitige Lage auf ihre Entstehung schliessen lässt. So stellt Fig. 7 den Querschnitt durch ein kopfförmiges Ende eines 12 Mill. langen Wurzelträgers von S. Kraussiana dar. Der biskuitförmige Querschnitt lässt auf die ursprüngliche Anlage von nur zwei Wurzeln schliessen. Die eine davon hat sich in zwei getheilt, während die andere Hälfte drei Anlagen zeigt, die sämmtlich derselben Generation anzugehören scheinen. Auf dem näher dem Grunde gelegenen Querschnitte jedoch verschwindet eine derselben, und es bleiben nur die beiden übrig, die in ihrer Lage mit denen in der anderen Hälfte übereinstimmen. Ebenso kommt auch häufig der Fall vor, dass der ausgebildete Wurzelträger auf derselben Höhe drei gleich starke Wurzeln trägt. Wenn man jedoch die grundwärts aufeinanderfolgenden Querschnitte untersucht, so sieht man dass einer der 3 den Wurzeln entsprechenden Gefässstränge in einen anderen übergeht, so dass schliesslich immer nur zwei Gefässstränge übrig bleiben.

Die Verzweigungen der Wurzeln höherer Ordnungen stellen immer Gabeltheilungen dar. Je zwei auf einander folgende Theilungsebenen kreuzen sich unter rechten Winkeln. Die frühe Anlage, wie auch das ungemein starke intercalare Wachsthum haben die Wurzeln von Selaginella mit denen von Lycopodium gemein. So wie dort, ist auch hier die Darstellung der Scheitelzelle äusserst schwierig, eben so sehr wegen der ungemein rasch nach einander eintretenden Verzweigungen, in Folge deren man sich sehr schwer über die

Richtung des zu führenden Schnittes zu orientiren vermag, als auch wegen der Undurchsichtigkeit des Zellgewebes. Anderseits sind auch die jugendlichen Membranen sehr zart und lassen sich in dem dunklen Gewebe fast kaum wahrnehmen. Nichts desto weniger erkennt man öfters an gelungenen Längsschnitten ganz deutlich die tief in das Gewebe des Wurzelkörpers hineinreichende keilförmige Scheitelzelle. Ihre (am Längsschnitte) dreiseitige Form, wie auch die Lage der angrenzenden Segmente machen es zweifellos, dass die Letzteren durch schiefe (gegen die Längsachse der Wurzel geneigte) Wände abgeschnitten werden, ebenso ist auch die Bildung der primären Kappenzellen durch Querwände unzweifelhaft. Nach wie vielen Richtungen jedoch die schiefen Wände geneigt sind, konnte durch direkte Beobachtung auf Querschnitten nicht ermittelt werden. Der Grund, warum hier, wie bei Lycopodium, die Scheitelzelle auf Querschnitten nicht unterschieden werden kann, dürfte vorzüglich in dem raschen Wachsthume der Segmente, zugleich aber auch in der zugespitzten Form des Vegetationskegels gelegen sein, da in Folge des letzteren Umstandes die Ränder der Scheitelzelle nicht zugleich mit den Begrenzungslinien der Segmente gesehen werden können. Nichts desto weniger kann man mit Grund vermuthen, dass die Scheitelzelle, wie diess auch im Stengel der Fall ist, zweischneidig sei. Es spricht dafür vor allen die constante Art der Verzweigung, welche unter der gewiss gerechtfertigten Annahme, dass die Wurzeln schon in den der Scheitelzelle benachbarten Segmenten angelegt werden, nur durch eine zwei- oder vierseitige Scheitelzelle erklärt werden kann. Für das Vorhandensein einer vierseitigen Scheitelzelle spricht aber die Gruppirung der Zellen in der Scheitelregion durchaus nicht. Nicht minder lässt die zweischneidige Form der Scheitelzelle im Stengel für die Wurzeln eine ähnliche Theilungsweise vermuthen.

Was die Weiterentwicklung betrifft, zeigen die Wurzeln wenig bemerkenswerthes. Die Wurzelhaube besteht immer nur aus sehr wenigen Kappen, deren Abstossung in der Weise, wie bei Lycopodium, vor sich geht. Die Rinde zeigt schon in jungen Stadien ein ungeordnetes Gewebe, und nur in den innersten Rindenschichten sieht man in Folge der vorherrschenden tangentialen Theilungen einigermassen eine radiale Anordnung. Der Gefässcylinder ist immer ungleichseitig ausgebildet. Die engen und ersten Gefässe bilden sich an einer Stelle der Peripherie und zwar bis zu 6 in einer tangentialen Reihe neben einander. Dann schreitet die Verdickung nach innen und ergreift die unmittelbar anliegenden weiten Gefässe, die bis in, oder auch etwas über die Mitte des Cambiumcylinders reichen, dessen übriger Theil von sehr engen, im Alter sich verdickenden Zellen ausgefüllt ist. Es zeigt uns somit der Cambiumcylinder immer einen excentrischen primordialen Vasalstrang.

Dieser Primordialstrang liegt in den beiden Wurzeln, welche aus dem Wurzelträger entspringen, auf der innern (zugekehrten) Seite, und die gleiche Lage zeigt er auch in den Gabelzweigen der Wurzeln. Bei Selaginella Kraussiana vereinigen sich die Gefässstränge der beiden Wurzeln zum Gefässcylinder des Wurzelträgers, ohne dabei eine Drehung zu erfahren, indem die einander zugekehrten Bündel von kleinen Gefässen der Wurzeln die centrale Partie im Wurzelträger

zusammensetzen. Fig. 4 auf Taf. XVIII. zeigt uns einen Querschnitt des Wurzelträgers unmittelbar hinter der Gabelung, wo die beiden Stränge (g sind die kleinen, h die weiten Gefässe derselben) noch getrennt sind. Bei S. Martensii dagegen machen die Primordialstränge der beiden Wurzeln einen Umlauf von 90°, um sich zum seitlichen Primordialstrang des Wurzelträgers zu verbinden, und die gleiche Drehung zeigen auch die Stränge der Gabelzweige aller Wurzeln, wo sie in den Mutterstrahl eintreten.

Nicht bei allen Arten von Selaginella ist ein Wurzelträger vorhanden. So entspringen bei S. cuspidata Link, und S. laevigata Spr. an den zunächst dem Boden befindlichen Gabelungsstellen direct die Wurzeln, als welche sie sich leicht durch die auf den ersten Blick zu unterscheidende Wurzelhaube erkennen lassen.

Der Gefässstrang der Wurzel entspringt an der Theilungsstelle des in die beiden Gabelzweige des Stämmchens übertretenden Gefässcylinders und tritt in ähnlicher Weise nach aussen, wie dies oben für die unterseitigen Wurzelträger von S. Martensii beschrieben wurde (Vergl. Fig. 10, 11, d). In vielen Fällen scheint es, als ob das Auftreten der Wurzeln nicht an die Gabelungsstellen des Stämmchens gebunden sei. Bei genauer Untersuchung findet man jedoch an der Ursprungsstelle jeder Wurzel den schwächeren Gabelzweig des Stämmchens wenigstens als Knospe vorhanden, die sich dann nach kürzerer oder längerer Zeit unter günstigen Verhältnissen weiter entwickeln kann, und auch ihrerseits sogleich wieder solche Anlagen von Gabelzweigen zeigt.

Zum Unterschiede von den Wurzelträgern werden die Wurzeln nicht an jeder Gabelungsstelle angelegt. An dem obern Theil aufrechter Sprossen und überhaupt an den vom Boden weiter entfernten Gabelungsstellen fehlen sie ganz und selbst an vielen zunächst dem Erdboden befindlichen bemerkt man keine Spur einer Wurzelanlage. An manchen Gabelungsstellen hingegen, wo äusserlich zwar keine Wurzel sichtbar ist, können im Gewebe des Stämmchens abgestorbene Wurzelanlagen nachgewiesen werden. — Die Entfernung über dem Boden, bis zu welcher überhaupt noch Wurzeln gebildet werden, scheint nach den Arten verschieden zu sein. Das unserer Untersuchung zu Grunde liegende Exemplar von S. laevigata, zeigte die Wurzeln bis zu einer Höhe von 1 Decimeter; bei S. cuspidata waren nur an den dicht am Boden befindlichen Gabelungsstellen Wurzeln und Wurzelanlagen zu finden.

In Bezug auf die Zeit ihrer Entstehung stimmen die Wurzeln mit den Wurzelträgern überein. Wie diese werden sie an der Vegetationsspitze und zwar höchst wahrscheinlich zu gleicher Zeit mit der Verzweigung angelegt. Es sprechen dafür ganz dieselben Gründe, wie sie schon oben für die Wurzelträger angegeben wurden.

Der Bau der Wurzeln zeigt im Gegensatze zu den Wurzelträgern nicht unerhebliche Verschiedenheiten. Vor allem ist es die Lage der ersten Gefässe, die nicht central, sondern wie es schon früher für die eigentlichen Wurzeln von S. Kraussiana und Martensii angegeben wurde, seitlich, doch immerhin von der Peripherie des Gefässcylinders entfernt, entstehen, und von denen zuerst mehrere

in tangentialer Richtung angelegt werden. Von da an schreitet die Verdickung nach innen fort; und demgemäss wird die Achse der Wurzel von weiten Treppengefässen eingenommen. Uebrigens wird auch hier, so wie bei den Wurzelträgern, der Gefässstrang nach aussen durch ein engzelliges Gewebe von der Rinde abgegrenzt.

Das Gewebe der Rinde erscheint in gleicher Weise, wie bei den Wurzelträgern ausgebildet. Auch hier bemerkt man keine regelmässige Anordnung der Zellen, welche sich ebenfalls in centripetaler Richtung verdicken. Mehrere der innersten Rindenschichten bleiben übrigens auch im Alter der Wurzel dünnwandig.

Bei S. laevigata und S. cuspidata sind die Epidermiszellen selbst an dicht beim Ursprunge aus dem Stengel gelegenen und über dem Boden befindlichen Stellen zu langen Haaren ausgewachsen (Fig. 12, o). Die unter der Epidermis liegende Zellschichte (n) unterscheidet sich hier von den übrigen Rindenschichten auffallend durch die Grösse ihrer Zellen, die in tangentialer Richtung stark verlängert sind, so dass von jeder derselben 2—4 der innerhalb befindlichen Rindenzellen bedeckt werden. Diese Zellschichte gehört ihrer Entstehung nach der Rinde an, indem sie auf Längsschnitten selbstständig neben der Epidermis bis an die Scheitelzelle verfolgt werden kann.

So wie die Wurzelträger von S. Martensii gabeln sich auch die Wurzeln von S. laevigata und S. cuspidata noch bevor sie in den Erdboden eindringen. Die Ebene der ersten Gabelung steht senkrecht auf der Längsachse des Stengels. In der Regel ist jede folgende Verzweigungsebene senkrecht auf der ihr vorhergehenden und die beiden Gabeläste sind gleich mächtig. Doch findet man auch öfters Verzweigungssysteme, in denen zwei auf einander folgende Theilungsebenen parallel sind, und die manchmal, ähnlich den bei Lycopodium betrachteten, mehr den Charakter einer monopodialen Verzweigung zeigen.

C. Wurzeln von Isoëtes. (Taf. XIX.)

Ueber die Wurzeln von Isoëtes hat vor Allem Hofmeister*) umfassende Untersuchungen veröffentlicht. Sie beziehen sich eben sowohl auf die Anlage derselben am Cambiummantel des Stammes und die Art ihrer Verzweigung, als auch auf die Entwicklung der einzelnen Gewebetheile aus der Scheitelzelle. Es würde uns zu weit führen, wenn wir sämmtliche Resultate seiner Beobachtungen angeben wollten. Wir müssen hierüber auf jene Abhandlung verweisen, und werden nur im Verlaufe der Darstellung den einen oder andern Punkt berühren.

Die Wurzeln von Isoëtes treten zu beiden Seiten der die Unterseite des Stammes durchziehenden Furche zu Tage. Wenn sie eine Länge von kaum 1 Mill. erreicht haben, bemerkt man an ihrer Spitze schon die Andeutung einer Gabelung, die sich parallel der Stammfurche ausbildet. Wenn man durch eine

---

*) Beiträge zur Kenntniss etc. . . . 1852 I. Heft.

solche Wurzelspitze Querschnitte macht, so sieht man immer schon auch die Gabelungen höherer Ordnungen angelegt. Fig. 1 stellt uns den Querschnitt des Endes einer kaum 1 Mill. langen Wurzel dar; die zwei Gabelzweige erster Ordnung (I) liegen dicht aneinander, in jedem derselben sind zwei Anlagen für Strahlen zweiter Ordnung (II) sichtbar und in dem links oben befindlichen Gabelzweige zweiter Ordnung sind bereits die der dritten Ordnung (III) angelegt.

An ausgewachsenen Wurzeln sind die Gabelungsstellen sehr weit von einander entfernt, und es erreicht durchschnittlich die Wurzel bis zu ihrer Gabelung, die jedoch schon im Gewebe des Stammes angelegt worden ist, eine Länge von 60 Mill. Es ist also bei diesen Wurzeln, wie bei denen von Selaginella und Lycopodium, ein ungemein starkes intercalares Wachsthum thätig, und hier wie dort liegt die Vermuthung nahe, dass die Theilungen der Scheitelzelle vielleicht nur so oft auftreten, als die Zahl ihrer Verzweigungen beträgt. Dieses Verhalten der Wurzeln von Isoëtes ist um so auffallender, als im Stamme gerade das Gegentheil stattfindet, in Folge dessen die Internodien dort ganz unentwickelt bleiben. Das intercalare Wachsthum nimmt vom Grunde der Wurzel gegen ihre Spitze stetig ab, so dass die scheitelwärts gelegenen Internodien (d. h. die zwischen den Verzweigungen befindlichen Abschnitte) schliesslich eine geringere Länge erreichen. Das Aufhören der Zellentheilung beginnt am Grunde und schreitet nach dem Scheitel hin fort, zugleich beginnt das früher weisse Gewebe braun zu werden, so dass also die Wurzeln von dem Scheitel an rückwärts noch so weit weiss erscheinen, als das intercalare Wachsthum thätig ist.

Die Verzweigungen wiederholen sich 3—4 mal, und nur selten wurde fünfmalige Theilung beobachtet. Die beiden Schwesterzweige, die anfangs an einander liegen, spreitzen im ausgewachsenen Zustande um 30—40°. Dabei ist jede folgende Verzweigungsebene auf der ihr vorhergehenden senkrecht, was besonders auf Querschnitten, die wie Fig. 1 mehrere Wurzelgenerationen zeigen, deutlich wird, während an ausgebildeten Wurzeln diese Lage oft gestört erscheint.

Die Wurzeln von Isoëtes stimmen in ihrem Baue im Allgemeinen mit denen von Lycopodium und Selaginella überein. Querschnitte, die durch Wurzelspitzen geführt werden, welche der letzten Verzweigung angehörten, lassen diese Verhältnisse am deutlichsten erkennen. Der etwas excentrisch gelegene Cambiumcylinder ist von einer mehrschichtigen Rinde umschlossen, an der sich deutlich drei Partieen als innere, äussere Rinde und Epidermis unterscheiden lassen (Fig. 2—6 wo die innere Rinde schraffirt ist). Die Epidermis (o) hat im Umfange ungefähr die doppelte Anzahl von Zellen, als die ihr anliegende äussere Rinde (Fig. 2, 4, 5) deren Zellenzahl im Umfange wieder grösser ist, als die der inneren Rinde. Die äussere Rinde besteht bei den dünnsten Wurzeln selten aus einer einzigen, gewöhnlich aus zwei Zellschichten, die durch tangentiale Theilung aus einer hervorgehen, wobei sich die tangentialen Wände in den benachbarten Zellen oft nicht in gleicher Höhe ansetzen, so dass die concentrische Anordnung nicht genau eingehalten wird. Die äussere dieser beiden Zellschichten hat in Folge stellenweiser radialer Theilung im Umfange mehr Zellen als die innere, doch ist der Unterschied nie bedeutend. (Vergl. Fig. 6). Bei Gabelzweigen niederer Ord-

nung wiederholt sich die tangentiale Theilung in beiden Schichten ein oder zweimal, und es besteht dann die äussere Rinde aus mehreren (bis 5) Zellschichten, an denen sich ziemlich deutlich die radiale Anordnung der Zellen erkennen lässt.

Die innere Rinde besteht in dem einfachsten Falle aus 6 Zellen im Umfange. In Bezug auf die Anzahl der Schichten zeigt sie immer eine ungleichseitige Entwicklung. Sie ist nämlich in der einen Hälfte des Querschnittes mächtiger als in der anderen, in Folge dessen denn auch der von ihr umschlossene Cambiumcylinder excentrisch erscheint. (Vergl. Fig. 2—6, wo die innere Rinde schraffirt und die Zellen ihrer schwächeren Hälfte durch + bezeichnet sind). In den einfachst gebauten Wurzeln ist sie in der einen Hälfte einschichtig, in der andern zweischichtig (Fig. 2. 4—6). Bei dickeren Wurzeln ist die schwächere Hälfte zwei-, seltener mehrschichtig; die stärkere durch centripetal auftretende tangentiale Theilungen selbst fünfschichtig Die Zellen sind fast durchgehends in radiale Reihen geordnet, welche Anordnung nur an der Grenze zwischen den beiden ungleich entwickelten Hälften öfters gestört erscheint, indem sich dort, statt einer genau tangentialen, eine schiefe Wand bildet. Die ursprüngliche Anzahl der den Cambiumcylinder umgebenden inneren Rindenzellen bleibt fortwährend dieselbe, und nur selten treten in dickeren Wurzeln in der äussersten Schichte der stärkeren Hälfte radiale Theilungen auf. Wenn die Anzahl der an den Cambiumcylinder angrenzenden Zellen eine gerade war, so bestehen immer beide Rindenhälften aus der gleichen Anzahl radialer Reihen, (die sich jedoch aus dem eben erwähnten Grunde hie und da nach aussen spalten); waren sie jedoch in ungerader Anzahl vorhanden, so ist das plus immer auf Seite der stärkeren Hälfte. In solchen Fällen kann es dann geschehen, dass die letztere nahezu zwei Drittel des Querschnittes einnimmt.

Schon sehr frühe bilden sich an der Grenze der inneren und äusseren Rinde Intercellulargänge aus, die bald auch zwischen den übrigen Schichten der inneren Rinde sichtbar werden. Wir finden sie übrigens früher in der stärkeren Hälfte, wo sie auch viel rascher an Grösse zunehmen. (Vergl. Fig. 2, 4). Mit der Zeit vereinigen sich die radial hinter einander gelegenen Gänge und auch in tangentialer Richtung treten sie mit einander in Verbindung, indem auf der stärkeren Seite die innere Rinde sich gänzlich von der äusseren ablöst (Fig. 4). In der stärkeren Hälfte zerreissen nun die Zellen der inneren Rinde mit Ausnahme der an den Gefässcylinder anstossenden, und es bildet sich so eine einzige grosse von der äusseren Rinde umschlossene Luftlücke in welcher der Gefässcylinder wandständig ist, indem er durch die schwächere Hälfte der inneren Rinde an die äussere Rinde befestigt wird (Fig. 10). Bei dünnen Wurzeln, wo die innere Rinde in der schwächeren Hälfte nur aus Einer Zellschichte besteht, bleiben ihre Zellen auch in älteren Stadien fortwährend unter sich zusammenhängend, und wir finden hier bloss zwischen der inneren und äusseren Rinde die früher erwähnten Intercellularräume (Fig. 4), Bei stärkeren Wurzeln jedoch, wo die innere Rinde auch in der schwächeren Hälfte mehrschichtig ist, werden die radialen Zellreihen daselbst von einander getrennt, und es ist dann der Gefässcylinder durch die radial gestellten Scheidewände an der äusseren Rinde befestigt. Auch in diesen

Scheidewänden treten, indem die Zellen stellenweise auseinanderweichen, die benachbarten Luftgänge unter sich in Verbindung.

In Bezug auf den Gefässcylinder wurde schon oben erwähnt, dass er in Folge der ungleichen Ausbildung der inneren Rinde excentrisch gelegen ist. Bei dünnen Wurzeln (das ist bei den letzten Gabelzweigen der aus dem Stamme hervorbrechenden), bei denen der Unterschied der beiden Rindenhälften nicht bedeutend ist, ist auch die Excentricität des Gefässcylinders oft kaum merkbar; bei dickeren jedoch ist diese sehr bedeutend, und tritt besonders in älteren Stadien, wo das Gewebe der inneren Rinde schon zerrissen ist, auffallend hervor. (Vergl. die Fig. 8—10) welche Querschnitte durch eine ausgewachsene Wurzel nahe der Vereinigungsstelle zweier Gabelzweige darstellen; u sind die Luftlücken, g die Gefässcylinder). — Bei dünneren Wurzeln besteht der Cambiumcylinder aus einem Kreise von peripherischen Zellen, deren Anzahl fast ausnahmslos mit der Zahl der ihm anliegenden Rindenzellen übereinstimmt, und ferner aus 1, 2 oder 3 centralen, von denen sich eine oder zwei zu Gefässen umbilden (Fig. 2, 4, 5). Bei stärkeren Wurzeln ist die Zahl der an der Peripherie gelegenen Cambiumzellen wenig grösser, als die der umgebenden Rindenzellen (öfters bis 17); auch im Innern sind dann mehr Zellen vorhanden. In solchen Fällen liegt das erste Gefäss im Bezug auf den Cambiumcylinder deutlich excentrisch, und ist immer an die Seite der schwächeren Hälfte gerückt.

Der Cambiumcylinder ist anfangs immer einzellig (Fig. 3) und erscheint uns bei den dünnsten Wurzeln auf Querschnitten als ein regelmässiges Sechseck, das jedoch, wie es auch an mehreren Präparaten in der That beobachtet wurde, aus einem Viereck hervorgeht (Fig. 7 c; in Fig. 2 und 3 hat der Cambiumcylinder noch fast die ursprüngliche viereckige Gestalt). In den meisten Fällen geht nun das Dickenwachsthum dieser Cambiummutterzelle in der Weise vor sich, dass zuerst näher an der schwächeren Hälfte der inneren Rinde eine Längswand entsteht, wodurch die Cambiumzelle in zwei ungleiche Zellen zerfällt. (Fig 13—17, Wand 1). In der grösseren Zelle bilden sich nun senkrecht auf der zuerst entstandenen Wand, zwei etwas gebogene Längswände (2 in Fig. 13—15); auf welche dann eine vierte, der zuerst gebildeten gegenüberliegende Wand folgt (Fig. 13 und 15, Wand 3). Der Cambiumcylinder besteht in diesem Stadium aus einer centralen und vier peripherischen Zellen. In den letztern treten nun radiale Wände und zwar meist in solcher Anzahl und Vertheilung auf, dass endlich jede der an den Cambiumcylinder grenzenden Rindenzellen von einer Wand getroffen, also auch die Anzahl der Rindenzellen und der ihnen anliegenden Cambiumzellen, in Uebereinstimmung gebracht wird. Es würde uns zu weit führen, wollten wir alle Modificationen des eben erörterten Theilungsvorganges und andere beobachteten Theilungsweisen der Cambiummutterzelle anführen, und verweisen nur auf die in Fig. 13—17 dargestellten Schemen, wo die auf einanderfolgenden Wände mit 1, 2, 3, 4 bezeichnet sind.

In den beiden Schwesterzweigen einer Gabelung sind die schwächeren Rindenhälften einander zugekehrt. Auch die Gefässcylinder haben diese Lage, liegen jedoch nicht in der Mitte der zugekehrten Seiten, sondern seitlich (Fig. 8, g),

so dass, wenn sie sich endlich vereinigen, sie wieder excentrisch gelegen erscheinen (Fig. 9, 10).

Was die Theilungen der Scheitelzelle anbelangt, so ist Hofmeisters Darstellung*) kurz folgende: die primäre Kappenzelle wird auf normale Weise durch eine Querwand von der Scheitelzelle abgeschnitten. Die Bildung des Wurzelkörpers geschieht durch (der Längsachse der Wurzel parallele) Längswände und durch Querwände. Jedesmal nach Bildung einer eine primäre Kappenzelle abschneidenden Querwand, treten nämlich drei Längswände auf, von denen zwei auf der dritten senkrecht stehen; diesen folgt wieder eine Querwand. Die durch die drei Längswände gebildeten drei „seitlichen" Zellen bilden ausschliesslich Rinde; die durch die Querwand abgeschnittene „innere" Zelle bildet mit ihrem der Achse näher gelegenen Theile den Cambiumcylinder.

Bei Untersuchungen über Form und Theilungsweise der Scheitelzelle der Isoëteswurzeln stossen wir auf dieselben Schwierigkeiten, wie bei Lycopodium und Selaginella. Das Spitzenwachsthum eines Gabelzweiges erlischt nämlich auch bei den Wurzeln von Isoëtes bald nach seiner Anlage. Wenn er aus dem Gewebe des Mutterzweiges hervorgetreten ist, hat das Gewebe an seiner Spitze schon den Charakter eines Bildungsgewebes verloren. Für das frühe Aufhören der Zellentheilung in der Vegetationsspitze spricht auch der Umstand, dass an solchen hervorbrechenden Zweigen die innerste Kappe der Wurzelhaube immer schon ziemlich weit ausgebildet erscheint, und nie ihren Jugendzustand als ungetheilte Kappe zeigt.

Um also die Entwicklung der Gewebe aus der Scheitelzelle beobachten zu können, müsste man die jüngsten Stadien in den Spitzen von Wurzeln suchen, die äusserlich noch nicht oder erst einmal verzweigt erscheinen. Hier macht aber die Häufung der Anlagen und die daraus folgende Unsicherheit über die bezüglich der letzten Verzweigung eingehaltene Richtung des Schnittes auf Querschnitten selbst die Bestimmung des Scheitelpunktes unsicher.

Wenn man durch eine Wurzelspitze, die sich in einem Entwicklungszustande wie dem in Fig. 1 dargestellten, befindet, rechtwinklig zur ersten Verzweigungsebene einen Längsschnitt führt, um die Gabelzweige zweiter Ordnung zur Ansicht zu bringen, so erhält man immer Ansichten, die annähernd mit den in Fig. 11 und 12 dargestellten übereinstimmen. Die beiden Gabelzweige sind immer schon ziemlich entwickelt, und von der gemeinsamen Wurzelhaube bedeckt. Die ihr angehörigen und unmittelbar über den Wurzelanlagen gelegenen 2—3 Kappen erscheinen zunächst der Längsachse des Wurzelzweiges durch wiederholte tangentiale Theilungen mehrschichtig (a, a). Dieses Höhenwachsthum ist in der innersten den Wurzelanlagen unmittelbar anliegenden Kappe (es gehören dazu die mit + bezeichneten Zellen) am stärksten, und nimmt in den nach aussen gelegenen Kappen succesive ab. Durch diese stärkere Entwicklung des Gewebes der Wurzelhaube wird die durch das Längenwachsthum der beiden Anlagen sich bildende

---

*) l. c, pg. 136.

Spalte ausgefüllt, ohne dass dazu eine eigentliche Einstülpung der Kappen erforderlich wäre.

An solchen Schnitten sind meistens auch schon einige den Gabelzweigen angehörige Kappen ausgebildet, ohne dass sich in der Regel eine scharfe Grenze, weder gegen die gemeinsamen Kappen, noch gegen die Wurzelkörper angeben liesse. Am Scheitelpunkte ist von einer durch Grösse und Form ausgezeichneten Zelle nichts zu sehen, und eine bestimmte Gruppirung der Zellen ist nicht wahrzunehmen. Es scheint vielmehr, als ob die beiden Rindenpartieen (y und z), deren jede nach der Spitze in eine Zellschichte ausgeht, sich ununterbrochen über den Scheitel hinwegzögen. Es ist dies besonders im rechtseitigen Aste der Fig. 12 deutlich, wo die Zellen dieser Schichte mit o, o bezeichnet sind. Der Cambiumcylinder (c), der nach der Spitze zu allmählich wenigerzellig wird, hört endlich mit einer einzigen Zelle auf (c'), welche gegen die Rinde nicht den geringsten Anschluss zeigt, der auf eine gemeinsame Entstehung hindeuten würde. Solche Ansichten würden vielmehr die Vermuthung nahe legen, als ob über dem selbstständig fortwachsenden Cambiumcylinder zwei bedeutende Schichten sich befänden, deren innere die innere Rinde bilden würde, während aus der äusseren sich äussere Rinde mit Epidermis und Wurzelhaube entwickeln könnten. Diese Anordnung und Gruppirung ist aber nur durch die bereits eingetretene abermalige Gabelung bedingt, in Folge welcher an jedem Gabelzweige die beiden neuen Scheitel über und unter der Schnittfläche gelegen sind. Aus diesen Schnitten kann daher auf Form und Theilungsweise der Scheitelzelle kein Schluss gezogen werden.

Um nun an solchen Wurzeln einen Scheitel dritter Ordnung wirklich im Längsschnitte darzustellen, müsste man wegen der spreitzenden Stellung der Anlagen den Schnitt gegen die Längsachse der Mutterwurzel geneigt führen. An derartigen Schnitten aber erhält man in Folge der schiefen Lage derselben ein so ungeordnetes Gewebe, dass man auch in dem Falle, wenn man eine kleine Gruppe von Zellen mit bestimmter Anordnung erblickt, wegen der mangelnden Verbindung mit den umgebenden Zellen nie mit Sicherheit behaupten kann, es sei in der That der Scheitel des Gabelzweiges.

Dieselben Schwierigkeiten ergeben sich bei dem Versuche, durch Querschnitte zum Ziele zu gelangen, weil auch hier wieder wegen der gegen die Längsachse der Mutterwurzel geneigten Richtung der Wurzelanlagen immer schiefe Ansichten erhalten werden. Bevor man mit den vom Ende beginnenden Querschnitten dahin gelangt ist, wo man den Cambiumcylinder erkennt, lässt sich keine Anordnung der Zellen mit Sicherheit angeben; in diesen Stadien ist aber die Verschiebung der ursprünglichen Theilungswände schon so bedeutend, dass auf die Form der Scheitelzelle und die ersten Theilungen in den Segmenten kaum mit Bestimmtheit zurückgeschlossen werden kann.

Doch sprechen viele Gründe dafür, dass die Scheitelzelle zweischneidig sei, Abgesehen davon, dass man an Schnitten, wie die eben betrachteten, doch öfters eine Zelle wahrnimmt, um die sich das Gewebe einigermassen gruppirt, die im Querschnitte elliptisch und im Längsschnitte dreiseitig erscheint, spricht schon

die elliptische Form der jüngsten Wurzelanlagen für eine nur nach zwei gegenüberliegenden Seiten eintretende Segmentbildung. Auch die ungleiche Ausbildung der Wurzeln in zwei von einander verschiedene Hälften, die in den Schwesterzweigen immer eine ganz bestimmte Lage gegen einander zeigen, lässt vermuthen, dass den beiden ungleichen Hälften auch zwei Segmentreihen entsprechen. Ferner liesse sich die regelmässige Verzweigung nach zwei auf einander senkrechten Richtungen durch die Annahme erklären, dass die beiden neuen Scheitelzellen aus der Scheitelzelle niederer Ordnung, die dann sich zu theilen aufhören würde, abgeschnitten werden, wollte man nicht die Theilung der letzteren in zwei gleichwerthige Hälften, als neue Scheitelzellen, annehmen, was übrigens wohl noch bei keiner Pflanze mit Sicherheit nachgewiesen wurde.

Gegen die Annahme einer zweischneidigen Scheitelzelle spricht auch durchaus nicht die Anordnung der Zellen auf Querschnitten, die unmittelbar hinter der Spitze geführt werden. In vielen Fällen nämlich sieht man ziemlich deutlich eine die beiden Hälften trennende Linie, die, den Cambiumcylinder tangirend, ihn ganz von der schwächeren Hälfte abschneidet. Es würde diese Linie der Begrenzungslinie der beiden horizontal gewordenen Segmente entsprechen, die jedoch schon ihrer Anlage nach ungleich sein müssten. Es würde uns zu weit führen, wenn wir hier Vermuthungen über die weiteren Theilungen anstellen wollten, und wir beschränken uns darauf, das Theilungsschema, worauf eine Menge von Querschnitten fast unwiderstehlich hinweisen, durch Fig. 7 zu veranschaulichen. h–h ist die Wand, welche die beiden ungleichen Segmente trennt, und c die in dem grössern Segment entstandene einzellige Anlage des Cambiumcylinders. Auch in den Figuren 2—6 ist die Trennungslinie der beiden Segmente durch h–h angegeben. Die weitern Theilungen, aus denen das Rindengewebe hervorgeht, zeigen zwar auch gewisse vorherrschende Typen, aber in keinem Punkte eine streng festgehaltene Regel.

Ungeachtet auf die Erforschung der Theilungsvorgänge in der Scheitelzelle der Isoëteswurzeln ausserordentlich viel Zeit und Mühe verwendet und eine Menge der schönsten Längs- und Querschnitte studirt wurden, so war es uns doch nicht möglich, zu einem befriedigenden und sichern Abschluss zu kommen. Die Ueberzeugung, die sich zuletzt geltend machte, beruht weniger auf positiven Beobachtungen, als auf negativen Ergebnissen. Es wurden nämlich nach einander die verschiedenen denkbaren Annahmen an den Schnitten geprüft und es mussten zuletzt alle als unmöglich aufgegeben werden, bis auf die eine, die wir fest gehalten haben. So wurde namentlich erörtert, ob vielleicht die Wurzel von Isoëtes, statt eines einheitlichen Wachsthums in der Scheitelzelle, ein zweifaches oder dreifaches getrenntes Wachsthum haben könnte, wofür der scheinbare Mangel einer durchgehenden Anordnung in den Geweben zu sprechen scheint, — ob also z. B. der Cambiumcylinder selbständig für sich wachse oder der Cambiumcylinder mit der innern Rinde vereint, ob die Wurzelhaube selbständig für sich wachse oder die Wurzelhaube mit der Epidermis vereint, ob die innere Rinde oder die äussere Rinde einen besondern Ursprung habe u. s. w. Es zeigte sich, dass alle diese Annahmen, wenn sie auch mit manchen Ansichten sich vereinen liessen,

doch durch andere widerlegt wurden, und dass nur die Annahme durchführbar sei, dass, wie bei den übrigen Cryptogamen, Wurzelkörper und Wurzelhaube ihren gemeinsamen Ursprung im Scheitel und zwar in einer einzigen Scheitelzelle haben, da auch die Pluralität der Scheitelzellen ausgeschlossen wurde. — Nachdem die Frage soweit vereinfacht war, handelte es sich ferner darum, ob der Wurzelkörper aus der Scheitelzelle bloss durch schiefe Wände angelegt werde wie bei den übrigen Gefässcryptogamen, oder ob dabei Querwände (sei es allein, sei es alternirend mit Längswänden) betheiligt seien. Viele Schnitte liessen darüber in Zweifel, viele andere aber zeigten entschieden, dass an Querwände nicht zu denken sei. Hofmeister, der eine detaillirte Beschreibung der Theilungsvorgänge gibt und dabei Quer- und Längswände in der Scheitelzelle sich bilden lässt, scheint nur wenige Schnitte und diese, nach den Abbildungen zu schliessen, von ausgewachsenen Spitzen gehabt zu haben. — Schliesslich fragte es sich noch, ob die schiefen Wände in der Scheitelzelle nach 2, 3, 4 oder mehr Richtungen wechselten; von diesen Fällen wurden alle bis auf den ersten durch bestimmte Beobachtungen ausgeschlossen. Unsere Annahme einer zweischneidigen Scheitelzelle in den Isoëtes-Wurzeln wird also nicht durch zwingende positive Thatsachen, nicht durch die unwiderlegliche Wahrnehmung dieser Scheitelzelle gefordert, sondern nur desswegen nahe gelegt, weil die übrigen denkbaren Annahmen aufgegeben werden mussten.

D. Wurzeln einiger Phanerogamen. (Taf. XX; XXI, 1—7).

Zahlreiche Untersuchungen, das Scheitelwachsthum der Wurzeln phanerogamer Pflanzen Schritt für Schritt zu verfolgen, führten zu keinem Resultate. Am Scheitel ist immer ein scheinbar ungeordnetes Meristem vorhanden, und erst in einem Stadium, wo man Cambiumcylinder und Rinde deutlich unterscheiden kann, ist eine regelmässige Anordnung ersichtlich. — Um nun dem Ziele näher zu kommen, versuchten wir, die Entwickelung der Wurzeln von der ersten Anlage an zu beobachten. Es schienen hiezu vor Allem die Nebenwurzeln (die Verzweigungen der Wurzeln) geeignet, einmal, weil sie im Baue viel einfachere Verhältnisse zeigen, als die primären Wurzeln, und ferner, weil sie bei manchen Pflanzen ungemein zahlreich auftreten.

Pontederia crassipes Mart. (Taf. XX, 1—5).

Die an den Knoten des Stengels hervorbrechenden Wurzeln dieser Pflanze zeigen, wenn sie die Länge von einigen Mill. erreicht haben, in geringer Entfernung von der Spitze eine grosse Anzahl von sehr gedrängt stehenden Höckern, die sich später zu Nebenwurzeln entwickeln. Entsprechend der Zahl der in der Hauptwurzel verlaufenden Gefässstränge sind sie in 5—8 Längsreihen geordnet, die aber dadurch, dass die Wurzel sich später dreht, in rechtsläufige Spiralen übergehen.

Bevor wir die Entstehung dieser Nebenwurzeln betrachten, müssen wir einiges über den Bau ihrer Mutterwurzeln vorausschicken. Der Querschnitt durch einen noch jungen Wurzeltheil zeigt uns eine äusserst regelmässige Anordnung

des Zellgewebes. In der Rinde unterscheiden wir deutlich die kleinzellige Epidermis (Taf. XX, Fig. 1, o), darunter als äussere Rinde (y) eine Schichte, die sich ein- oder zweimal tangential theilt, und deren Zellen ohne Intercellularräume aneinander schliessen. Auf diese folgt die innere Rinde (z), die längere Zeit durch Tangentialtheilungen in centripetaler Folge an Dicke zunimmt. Ihre Zellen sind äusserst regelmässig in radiale Reihen und concentrische Kreise geordnet, und lassen zwischen sich Intercellularräume, die entsprechend der Entwicklung der Zellen von aussen nach innen an Grösse abnehmen. Die radialen Reihen der inneren Rinde spalten sich durch centripetal fortschreitende radiale Theilungen, wodurch übrigens die regelmässige Anordnung des Gewebes durchaus nicht gestört wird. Von der innersten Rindenschicht (i) umschlossen, liegt der centrale Gefässcylinder. Die ursprünglichen Vasalstränge sind meist in der Zahl von 6 vorhanden; ihre äussersten und ersten Gefässe sind immer durch eine Zellschicht von den innersten Rindenzellen getrennt. Diese Schicht (p) entspricht dem Pericambium der Gefässcryptogamen und unterscheidet sich, wie dort, von den übrigen Cambiumzellen durch die Grösse ihrer Zellen, die ausserdem noch radial verlängert sind. Um das Centrum des Cambiumcylinders herum liegen mehrere weite Gefässe, die von einander durch eine oder zwei Lagen von kleinen Zellen getrennt sind.

Lange bevor die Verholzung der ersten Gefässe eintritt, beginnen einzelne Gruppen der an der Oberfläche des Cambiumcylinders gelegenen Pericambiumzellen in radialer Richtung stärker zu wachsen, und durch Wände, welche diese Richtung rechtwinklig schneiden, sich zu theilen. Diesem Wachsthum geht eine wiederholte locale Theilung durch Querwände voraus, wodurch die in der Richtung der Achse verlängerten Pericambiumzellen hier ziemlich isodiametrisch werden.

Jede dieser Gruppen besteht aus zwei centralen, im Querschnitte durch die Wurzel neben einander liegenden (Fig. 1, q, q) und aus sechs dieselben umgebenden Zellen; so dass also im Querschnitte durch die Wurzel deren vier (d, q, q, e), im radialen Längsschnitte drei nebeneinander gesehen werden. Wenn man eine solche Gruppe im tangentialen Längsschnitte von aussen betrachtet, so kommen natürlich sämmtliche acht Zellen zur Ansicht.

Die beiden centralen Zellen verlängern sich vom Anfange an in radialer Richtung mehr als die übrigen, wachsen in ihrem äusseren Theile stärker in die Breite als in ihrem inneren und werden somit kegelförmig, worauf sie sich in zwei hintereinander liegende Zellen theilen (Fig. 1, q). Die äussere dieser beiden Zellen wächst wieder viel stärker und theilt sich früher als die innere, und das lebhaftere Wachsthum dauert auch in ihren Nachkommen fort. Es entstehen somit aus den äusseren Hälften der beiden centralen Zellen zwei Zellencomplexe, deren andauernd stärkere Entwickelung die sie umgebenden Zellen immer mehr verdrängt und den Anfang der jungen Wurzel darstellt, welche somit zwei Scheitelzellen besitzt. Es scheint jedoch, dass nun im Laufe der weiteren Entwicklung einer der beiden Complexe die Oberhand gewinnt und den andern verdrängt, so dass dann die junge Wurzel mit einer einzigen Scheitelzelle

weiter wächst. Diess kann früher oder später eintreten. In Fig. 2 und 3 ist die Endzelle des einen Complexes im Begriff zur alleinigen Scheitelzelle zu werden (v).

Mit der Entwickelung der Wurzelanlage hat aber auch das Wachsthum der innersten Rindenschicht gleichen Schritt gehalten. Sobald die Wurzelanlagen sichtbar werden, bemerkt man, dass die dieselben bedeckenden und drei Längsreihen angehörigen Rindenzellen, entsprechend dem radialen Wachsthum der Pericambiumzellen, nach aussen gedrängt werden. In diesen Zellen unterbleibt die weitere tangentiale Theilung, die sonst meistens in allen übrigen Zellen der innersten Rindenschicht noch thätig ist (Fig. 1, i — i). Dafür theilen sie sich nun durch radiale Wände, die sich in dem Maasse wiederholen, als in Folge des Wachsthumes der Wurzelanlage die Zellschicht ausgedehnt wird. Es hält somit die Ausdehnung dieser Zellschicht gleichen Schritt mit dem Wachsthum der Wurzelanlage, und umhüllt diese fortwährend aussen und seitlich, während die ausserhalb gelegenen Rindenschichten nach und nach zusammengedrückt und resorbirt werden. In Fig. 1, 2 und 3 sind die Zellen der innersten Rindenschicht (i), welche die Wurzelanlage bedecken und ursprünglich aus drei Zellen hervorgegangen sind, durch × bezeichnet. Mit der Weiterentwickelung der jungen Wurzel, und zwar zu der Zeit, nachdem die zwei centralen Zellencomplexe durch Verdrängung der seitlichen allein den Scheitel eingenommen haben, und wo dann wahrscheinlich durch Verdrängung des einen das Scheitelwachsthum mit einer einzigen Scheitelzelle sich fortsetzt, beginnt der die Wurzelanlage umgebende Theil der innersten Rinde auch in die Dicke zu wachsen, indem die bisher noch einfache Schicht allmählich in zwei Schichten sich spaltet. Dieses Wachsthum ist am stärksten unmittelbar über dem Scheitel der jungen Wurzel, wo auch zuerst die Theilungen eintreten und sich dann in den inneren Zellen noch ein- oder zweimal wiederholen, und nimmt gleichmässig gegen den Grund derselben ab, wo auch die Schichte immer einfach bleibt (Fig. 4). Durch diesen Theilungsvorgang, verbunden mit der viel bedeutenderen Längsstreckung der Zellen an der Spitze nimmt die kappenförmige Umhüllung der Wurzel, die anfangs eine Kugelmütze darstellte, endlich die Form eines sehr spitzen Kegels an. Mit dem fortschreitenden Längenwachsthum der Wurzel trennt sie sich endlich am Grunde, wo sie nur aus einer Zellenlage besteht, von den benachbarten Zellen der innersten Rindenschicht los, und wird nun als Wurzelhaube von der sich rasch verlängernden Wurzel aus dem Gewebe der Mutterwurzel herausgehoben (Fig. 5). Schon während ihres Durchbruches durch die Rinde hat die Zellentheilung in ihr vollkommen aufgehört, obwohl sie noch längere Zeit durch Streckung der seitlich gelegenen Zellen an Länge zunimmt.

Es stellt also bei Pontederia die Wurzelhaube ihrer Entstehung nach ein von dem Wurzelkörper ganz unabhängiges Gebilde dar, unterscheidet sich also wesentlich von der Wurzelhaube, wie wir sie bei den Gefässkryptogamen, als aus der Scheitelzelle des Wurzelkörpers entstanden, kennen. Daher fehlen auch an der Epidermis des Wurzelkörpers jene zahnartigen Vorsprünge, welche von den Seitenflächen der Scheitelzelle durch die die primäre Kappenzelle bildende

Querwand abgeschnitten werden (Vergl. pg. 78). Es besteht demgemäss zwischen dieser unächten Wurzelhaube und dem Wurzelkörper keine innige Verbindung, und sie lässt sich als zusammenhängende Kappe, ohne dass sie zerrissen oder die Epidermis des Wurzelkörpers verletzt würde, von dem letzteren abziehen. Von der wahren Wurzelhaube unterscheidet sie sich weiters aber noch dadurch, dass ihre äusseren Schichten nicht abgestossen werden. Da in ihr ferner nach ihrem Austritt aus der Mutterwurzel keine Zellentheilungen mehr eintreten, so umhüllt sie den Wurzelkörper fortwährend in derselben Mächtigkeit. Im Alter sind ihre Zellen mit Amylum erfüllt, und die Zellwände erscheinen violet gefärbt.

Oryza sativa Lin. (Taf. XX, 6—14; XXI, 1).

Die Entwickelung der Wurzeln von Oryza ist von der, wie wir sie bei Pontederia kennen gelernt haben, nicht wesentlich verschieden. Die Untersuchung ist aber bei dieser Pflanze viel leichter, weil die Nebenwurzeln genau rechtwinklig auf der Längsachse der Mutterwurzel stehen, während sie bei Pontederia unter einem Winkel von 30—40° gegen jene geneigt sind. Es ist dies in so ferne von grossem Vortheile, als wir auf Querschnitten, die wir durch die Mutterwurzel führen, die Nebenwurzeln genau im Längsschnitte treffen und sie auf diese Weise im Verlaufe ihrer Entwickelung verfolgen, besonders aber ihren Anschluss an den Gefässcylinder der Mutterwurzel genauer beobachten können.

Der Bau der Mutterwurzeln ist dem der Wurzeln von Pontederia ähnlich. Wir unterscheiden die Epidermis, die 1-3schichtige äussere Rinde, und die mehrschichtige innere Rinde, in der die tangentialen Theilungen ebenfalls ausschliesslich in centripetaler Folge auftreten. Auch die ausnehmend regelmässige Anordnung ihrer Zellen und der zwischen ihnen sich bildenden Intercellularräume haben die Wurzeln von Oryza mit denen von Pontederia gemein. Der centrale Gefässcylinder zeigt im Allgemeinen denselben Bau. Auch hier ist ein aus einer einfachen Zellschicht bestehendes Pericambium vorhanden, auf das nach innen engere Zellen folgen. Die Achse des Gefässcylinders wird von mehreren weiten Gefässen eingenommen, die von einander durch eine Lage von Zellen getrennt sind. In Bezug auf die Stellung der primordialen Gefässe jedoch beobachten wir bei Oryza im Gegensatze zu Pontederia einen wesentlichen Unterschied. Zwar sind auch hier einzelne Gefässgruppen innerhalb des Pericambiums gelegen; die Mehrzahl derselben aber ist zwischen die Zellen des Pericambiums eingeschoben, so dass die äussersten Gefässe unmittelbar an die Rindenzellen angrenzen.

Die Wurzelanlagen entstehen aus den zwischen zwei primordialen Gefässsträngen gelegenen Pericambiumzellen. In der Regel sind es drei, seltener vier Längsreihen solcher Zellen (auf dem Querschnitt 3 oder 4 Zellen), welche diesen Raum ausfüllen. Wie bei Pontederia, werden auch hier die sonst langgestreckten Pericambiumzellen durch das Auftreten von Querwänden zuerst isodiametrisch gemacht (Fig. 13, a—f). Wie viel solcher Zellen von jeder Längsreihe in die Wurzelanlage mit einbezogen werden, scheint an kein bestimmtes Gesetz gebunden zu sein. In der Regel sind es 3 oder 4 der mittleren Reihe, und 2 oder 3

jeder der beiden seitlichen Reihen, so zwar, dass eine oder zwei centrale Zellen (die dann nicht wie bei Pontederia neben- sondern übereinander liegen) von 6 peripherischen umgeben sind (Fig. 13). Nach dem Auswachsen sämmtlicher Zellen in radialer Richtung, nimmt die mittlere Zelle nach und nach Kegelform an, und theilt sich, so wie die seitlichen, wiederholt durch Querwände (Fig. 6—8, e, q, e).

Die Wurzelanlage ist auf dem Querschnitte anfänglich von 2 Zellen der innersten Rinde bedeckt. Mit zunehmendem radialen Wachsthume der Anlage werden dieselben nach aussen geschoben, (Fig. 6, 8, m, m), bleiben jedoch mit den beiderseits benachbarten innersten Rindenzellen (n), die in schiefer Richtung auswachsen, in Verbindung (Fig. 6, 8). Jene beiden, ausserhalb der Wurzelanlage liegenden Zellen (m, m) theilen sich zuerst durch radiale (Fig. 7, m; diese 4 Zellen sind hier ausnahmsweise aus einer einzigen Zelle der innersten Rinde entstanden) und später auch durch tangentiale Wände und bilden sich zur Wurzelhaube um, die im ausgewachsenen Zustande an ihrer Spitze meist dreischichtig, am Grunde dagegen stets einschichtig ist. Die seitlichen Zellen (n, n) werden mit der Weiterentwicklung der Wurzelanlage bald vollkommen radial gestellt, und theilen sich durch 2 oder 3 Querwände (Fig. 7, 9). Mit dem zunehmenden Längenwachsthume der jungen Wurzel trennen sie sich von den äusseren, die Wurzelhaube bildenden Zellen los und während jene immer weiter emporgehoben werden, umhüllen diese fortwährend scheidenförmig den Grund der Wurzel (Fig. 11, wo auf der linken Seite die Trennung zwischen n und m bereits erfolgt ist).

Die eigentliche Wurzelanlage hat sich mittlerweile weiter entwickelt. Aus den drei Pericambiumzellen, welche sie anfänglich auf dem Querschnitte der Mutterwurzel darstellten, sind drei radiale Reihen von 3—5 Zellen geworden (Fig. 7, 9; die innersten Zellen derselben sind durch e, q, e bezeichnet). Die Endzelle der mittlern Reihe ist merklich verbreitert; sie theilt sich durch eine ziemlich nahe der Aussenfläche auftretende Querwand. Die auf diese Weise gebildete Zelle (Fig. 9, k), die ihrer Entstehung und Form nach einer primären Kappenzelle ähnlich ist, wächst nun rasch in die Breite, und theilt sich dann wiederholt durch Wände, welche auf der Aussenfläche senkrecht stehen und der Längsachse der jungen Wurzel nahezu parallel sind (Fig. 10, 11). Zugleich nehmen ihre anfangs unter spitzem Winkel gegen den Wurzelkörper convergirenden Seitenwände (Theile der frühern Scheitelzelle) immer mehr eine auf der Längsachse der jungen Wurzel senkrechte Lage an (Fig. 9—11) und fallen dann mit der Querwand in eine Ebene. Es ist daher die in Fig. 11 die Kappe k-k gegen den Wurzelkörper abgrenzende gerade Linie aus den drei ursprünglich gegen einander geneigten Seiten eines Trapezes entstanden. Diese Seitentheile erscheinen in spätern Stadien sogar grundwärts gebogen, und es erhält so endlich die ganze aus der Zelle k in Fig. 9 hervorgegangene Kappe ihre gewöhnliche Form und umhüllt die Vegetationsspitze des Wurzelkörpers. Wir haben also hier den merkwürdigen Fall vor uns, dass die die entwickelte Wurzel umgebende Wurzelhaube aus zwei ihrer Entstehung nach wesentlich verschiedenen Theilen besteht, oder vielmehr dass zwei genetisch verschiedene Wurzelhauben vorhanden sind, die äussere, welche (wie bei Pontederia) aus der Rinde der Mutterwurzel entsteht, und die

innere, welche (wie bei den Gefässcryptogamen) durch die junge Wurzel selbst gebildet wird. Beide Theile lassen sich auch an älteren Wurzeln vollkommen scharf unterscheiden. Es scheint übrigens, dass mit der Bildung dieser einen Kappe, die durch Zelltheilung in zwei oder drei Schichten zerfallen kann, die Neubildung der Wurzelhaube aus dem Wurzelkörper auch abgeschlossen ist.

Bis zur Entstehung der die Wurzelhaubenzelle abschneidenden Querwand, haben sich die den Wurzelkörper zusammensetzenden Zellenreihen gleichmässig verlängert und durch Querwände getheilt. In Folge eines stärkeren Längenwachsthumes der Wurzelanlage zunächst ihrer Achse werden die den seitlichen Reihen angehörigen Querwände nach und nach gegen die Spitze der Wurzel aufgerichtet (Vergl. Fig. 8, 7, 9, e). In Folge dieser Verschiebung können die aus den Zellen der seitlichen Reihen hervorgegangenen Gewebepartieen in ihren Umrissen später nicht mehr erkannt werden. Die aus der mittleren Zelle durch wiederholte Quertheilung hervorgegangene Zellreihe lässt sich jedoch noch längere Zeit deutlich unterscheiden (Fig. 10, q). Im Querschnitte der jungen Wurzel erscheint sie als ein das Centrum der Wurzel einnehmendes Sechseck, aus dem sich durch weitere Theilungen das Gewebe entwickelt, das die Verbindung des Gefässcylinders der jungen Wurzel mit dem der Mutterwurzel herstellt. In Fig. 13 erscheint uns diese Centralzelle (o) noch ungetheilt, sie ist umgeben von 6 Zellen (a, b, c, d, e, f, — entsprechend den Zellen e in Fig. 7, 9), die ihrerseits von den Zellen der basilaren Scheide (n, entsprechend den Zellen n in Fig. 7, 9) begrenzt werden.

In späteren Stadien sind die die Centralzelle umgebenden Zellen durch tangentiale Längswände getheilt, und bilden das Rindengewebe der Wurzel. Der aus der Centralzelle hervorgehende Cambiumcylinder besteht in seiner einfachsten Form aus einer mittleren Zelle, die von 6 peripherischen umgeben wird. Fig. 12, A zeigt uns den Querschnitt durch eine junge noch im Gewebe eingeschlossene Wurzel. Wir sehen im Cambiumcylinder q—q denselben Theilungsvorgang eingehalten, wie er sich uns aus den Fig. B und C, die Querschnitte durch jüngere Cambiumcylinder darstellen, ergibt.

Es wurde schon oben erwähnt, dass in der Wurzelanlage öfters zwei centrale Pericambiumzellen beobachtet werden, welche in der Richtung der Achse der Mutterwurzel hinter einander liegen. In diesem Falle besteht auch die Anlage des Cambiumcylinders schon ursprünglich aus 2 Zellen, und es lässt sich späterhin diese ihn in zwei gleiche Hälften theilende Wand ziemlich deutlich erkennen (Fig. 1 auf Taf. XXI zwischen q—q).

Im Cabiumcylinder der Nebenwurzeln von Oryza bilden sich zwei primordiale Vasalstränge, deren jeder nur aus 1 Spiralgefäss besteht. Sie liegen in der Längsachse der Mutterwurzel*) und an der Peripherie des Cambiumcylinders, entstehen also aus den äussersten Cambiumzellen. Entsprechend der Stellung der Wurzelanlage zwischen zwei primordialen Gefässsträngen der Mutterwurzel spaltet sich jeder Primordialstrang der Nebenwurzel am Grunde in zwei Schenkel, welche sich rechts und links an die Stränge der Mutterwurzel ansetzen.

---

*) In den Nebenwurzeln der Gefässcryptogamen sind sie quer gestellt.

Bis zur Entstehung der die primäre Kappenzelle abschneidenden Querwand, war von einer an der Spitze der Wurzelanlage gelegenen, durch Form und Grösse sich auszeichnenden Scheitelzelle nichts zu sehen. Nach dem Auftreten jener jedoch gewahrt man bald über der mittleren Zellenreihe deutlich eine dreiseitige Zelle, um die herum sich das Gewebe gruppirt, und es lassen sich häufig die schief gegen die Längsachse der Wurzel geneigten Segmente erkennen (Fig. 11, v). Es ist also wohl unzweifelhaft, dass die Endzelle jener mittleren Reihe nach Bildung der Kappenzelle anfängt, sich durch schiefe Wände zu theilen und die Rolle der Scheitelzelle in den Wurzeln der Gefässkryptogamen zu übernehmen. Sie bildet fortan den Wurzelkörper in seiner ganzen Mächtigkeit, indem die seitlichen Zellenreihen nun aufhören in die Länge zu wachsen. Ueber die Form der Scheitelzelle (ob zwei, drei oder vierseitig) liess sich nichts Sicheres ermitteln. Die Anordnung des Zellgewebes auf Querschnitten durch die junge Wurzel bleibt auch nach dem Auftreten der Scheitelzelle ziemlich dieselbe. Ueber die nähern Vorgänge bei dem erwähnten Wechsel des Längenwachsthums können wir ebenfalls nichts Positives angeben, als dass die mittlere Zellenreihe am Ende sich stark verbreitert und somit auch den Raum erfüllt, der früher von den seitlichen Reihen eingenommen wurde.

Andere Phanerogamen (Taf. XXI, 2—7).

Die Untersuchungen, welche wir an Nebenwurzeln anderer Pflanzen wie Veronica Beccabunga, Lysimachia thyrsiflora, Nasturtium officinale u. A. anstellten, gestatten, den aus den Untersuchungen an Pontedaria und Oryza gewonnenen Resultaten insoferne eine allgemeinere Ausdehnung zu geben, als die Wurzelanlage immer aus Pericambiumzellen hervorgeht, und die innerste Rindenschicht überall mit zur Bildung der Wurzelhaube verwendet wird. In Bezug auf die Stellung der Wurzelanlage gegen die primordialen Gefässstränge der Mutterwurzel, scheint dieselbe jedoch häufiger unmittelbar vor einem Strange als wie bei Oryza zwischen zwei derselben sich zu entwickeln. Ein Beispiel dafür geben uns die Figuren 2—5, welche Längsschnitte durch Wurzelanlagen (auf Querschnitten der Mutterwurzeln) von Lysimachia darstellen. Unmittelbar an das primordiale Gefäss g stösst die mittlere Pericambiumzelle q an, die sich in Fig. 5 durch 2 Querwände, in Fig. 3 zuerst durch eine Querwand, dann in der äussern Hälfte durch eine schiefe Wand getheilt, und schon die charakteristische Kegelform angenommen hat. Zugleich sehen wir die innerste Rindenschicht (i-i) der Mutterwurzel über der Wurzelanlage ausgebuchtet (n—m) und in Fig. 3 auch schon durch radiale Längswände getheilt (indem m, m und n, n je aus einer innersten Rindenzelle entstanden sind).

Die weitere Zellvermehrung in den sich zur Wurzelhaube umwandelnden innersten Rindenzellen, wie sie sich in der Flächenansicht darstellt, ist aus Fig. 6 auf dem tangentialen Längsschnitt der Mutterwurzel ersichtlich. Drei Längsreihen von Rindenzellen (n, m, n) haben sich bei der Bildung der Wurzelhaube betheiligt, und es scheint, dass nur eine Zelle jeder Längsreihe dazu verwendet wurde. In allen 3 Zellen traten zuerst Querwände (mit Rück-

sicht auf ihre Lage in der Mutterwurzel) auf, in jeder der seitlichen eine (g), in der mittleren zwei (g^1-g^1 und g^1-g^1); auf dieselben folgten dann in den äusseren Zellen radiale Längswände (h), in den mittlern Zellen radiale Längswände und Querwände. Uebrigens scheint es keine bestimmten Regeln rücksichtlich des Wechsels von Quer- und Längswänden zu geben.

Bei anderen Phanerogamen entsteht die Wurzelhaube noch auf eine andere Weise. Bei Limnanthemum nämlich beobachtet man, dass, während ein Theil der Wurzelhaube, wie bei Oryza, aus der innersten Rindenschicht der Mutterwurzel und ein anderer Theil von der Scheitelzelle der jungen Wurzel selbst gebildet wird, auch die der Scheitelregion zunächst gelegenen Epidermiszellen sich noch durch tangentiale Wände theilen, und je die äussern Tochterzellen an die Wurzelhaube abgeben. Auf Längsschnitten sieht man nämlich die Epidermis der jungen Wurzel scheitelwärts immer in Schichten der Wurzelhaube übergehen und auch auf Querschnitten durch Wurzelspitzen finden wir eben so häufig Stellen, an welchen die Epidermis deutlich erkannt und scharf von der Wurzelhaube geschieden erscheint, als andere, wo durch Quertheilungen in den Epidermiszellen jede Grenze zwischen dem Wurzelkörper und der Wurzelhaube verschwindet.

In Fig. 7 ist die Epidermis durch >< und — bezeichet; was ausserhalb dieses Zellenringes liegt, ist Wurzelhaube und wird nach und nach verschwinden. Mehrere Epidermiszellen (die mit — notirten) haben sich vor kurzer Zeit, einige soeben erst tangential getheilt, was man an den jungen zarten Membranen und der Form der Zellen erkennt. Von den beiden Tochterzellen wird immer die äussere Wurzelhaube während die innere Epidermis bleibt.

Wir fassen noch kurz die Resultate aus unsern Untersuchungen über die Entstehung und das Wachsthum der Phanerogamenwurzeln zusammen. Was zuerst deren Entstehung betrifft, so beschränken sich unsere Beobachtungen auf den Ursprung der Nebenwurzeln (Wurzelverzweigungen), und es ist wohl unzweifelhaft, dass diese Frage zuerst bis in ihre Einzelheiten beantwortet sein muss, ehe man sich an die mit ungleich mehr Schwierigkeiten verbundene Erforschung des Ursprungs der primären Wurzeln mit Erfolg wagen kann.

Die Nebenwurzeln der wenigen von uns untersuchten, aber verschiedenen Monocotyledonen- und Dicotyledonen-Ordnungen angehörenden Pflanzen entstehen ohne Ausnahme aus dem Pericambium. Hierin finden wir einen bemerkenswerthen Unterschied von den Gefässcryptogamen mit dreiseitiger Scheitelzelle, wo sie aus den innersten Rindenzellen entspringen. — Die erste Bildung der Wurzelanlagen findet, wie bei den genannten Gefässcryptogamen, nur nahe der Scheitelregion der Mutterwurzel statt, zu einer Zeit, wo die für die primordialen Gefässe bestimmten Cambiumzellen sich noch nicht von dem übrigen Cambium unterscheiden lassen. Während bei den genannten Gefässcryptogamen die Wurzelanlage immer einem primordialen Gefäss opponirt ist, zeigt sie bei den Phanerogamen bald eben diese Lage, bald befindet sie sich in der Mitte zwischen zwei primordialen Vasalsträngen.

Das Pericambium ist bei den untersuchten Phanerogamenwurzeln ein einschichtiger Cylindermantel von langgestreckten Zellen. An der Stelle, wo eine Nebenwurzel entstehen soll, theilen sich die Pericambiumzellen durch Querwände, und werden dadurch isodiametrisch. Von diesen Zellen verlängert sich eine ganze Gruppe (mindestens sind es 7, ihre Zahl kann aber auch bis auf 20 steigen) in radialer Richtung, doch so dass die im Centrum der Gruppe befindlichen immer stärker wachsen als die peripherischen. Mit diesem radialen Wachsthum ist eine entsprechende Theilung durch Wände, welche rechtwinklig auf der Wachsthumsrichtung stehen, verbunden, so dass jede der ursprünglichen Zellen sich in eine 2–5 gliedrige Reihe verwandelt. Die peripherischen Zellen hören bald auf zu wachsen, indem sie durch die mittleren Reihen, welche am äussern Ende breiter werden und den ganzen Raum einnehmen, verdrängt werden. Die mittleren Reihen, wenn es zwei oder mehrere sind, werden bald auch bis auf eine einzige, die übrig bleibt, verdrängt. Dieses Verdrängen geschieht rascher und einfacher, wenn von Anfang an eine ausgezeichnete centrale Zelle vorhanden ist, langsamer und undeutlicher, wenn zwei oder vier gleichberechtigte Zellen mit einander um die Wette wachsen. Die Endzelle der zuletzt allein übrig bleibenden Reihe wird zur Scheitelzelle der Wurzel, welche sich nun im Wesentlichen eben so verhält wie die dreiseitige Scheitelzelle der Gefässcryptogamen. Sie theilt sich nämlich durch Querwände, um Kappen der Wurzelhaube, und durch schiefe Wände, um Segmente des Wurzelkörpers zu bilden.

Dieser Wachsthumsprocess kann, wie es scheint, auf jeder Stufe stehen bleiben. Es gibt Nebenwurzeln, wo es gar nicht zur Bildung einer eigentlichen Scheitelzelle, noch von Wurzelkappen und Segmenten kommt (Pontederia). Andere, wo die Scheitelzelle nur eine einzige Kappe bildet, und bald sich zu theilen aufhört (Oryza) und noch andere, wo die Thätigkeit der Scheitelzelle länger andauert und wiederholt Wurzelkappen erzeugt.

Während bei den Gefässcryptogamen mit dreieckiger Scheitelzelle die innerste Schicht der Rinde die ganze Wurzelanlage bildet, so erzeugt sie bei den Phanerogamen doch wenigstens ein Stück derselben, nämlich die Anlage für die ganze Wurzelhaube oder für deren erste Hälfte. Die Wurzelhaube, welche die junge Nebenwurzel umhüllt, entsteht nämlich aus einer oder einigen wenigen Rindenzellen. Gelangt die Nebenwurzel nicht zur Bildung einer eigentlichen Scheitelzelle, so erfährt auch die Wurzelhaube keine weitere Vermehrung. Tritt dagegen eine wirkliche Scheitelzelle auf, so entstehen aus derselben noch eine oder mehrere Kappen nach Art der Gefässcryptogamen. Wir können den aus der Rinde hervorgegangenen Theil, da er ursprünglich einschichtig ist und diesen Bau auch im entwickelten Zustand noch an seinem grundsichtigen Ende bewahrt, da er also die Entwickelungsgeschichte und die Structur einer Wurzelkappe hat, auch mit diesem Namen bezeichnen. Dann haben wir also unter den Phanerogamen solche, deren Wurzelhaube nur aus einer einzigen von der Rinde gebildeten Kappe besteht, und solche, wo zu dieser Rindenkappe noch eine oder mehrere eigene Kappen hinzukommen.

Die eigenthümliche, nur bei einigen Phanerogamen vorkommende Erschein-

ung, dass auch die Epidermis Wurzelhaube bildet, dient nur dazu die eigenen Kappen zu verdicken. Sie ist übrigens auf die Wurzelspitze beschränkt und im Princip nicht verschieden von den Theilungsvorgängen in der Scheitelzelle selbst, indem sie als eine vom Scheitel sich weiter grundwärts fortsetzende Kappenbildung aufgefasst werden kann.

E. Rhizoide von Psilotum (Taf. XXI, 8—12).

Der in der Erde befindliche Theil der Pflanze besteht aus einem vielfach verzweigten Gerüste wurzelartiger Organe, die in ihren älteren Theilen mit langen braungefärbten Haaren dicht besetzt sind, während die vegetirenden Spitzen gelblich gefärbt und auf grössere oder geringere Entfernungen unbehaart sind. Bei Betrachtung mit unbewaffnetem Auge glaubt man zwei Arten dieser Organe unterscheiden zu können. Die einen nämlich sind etwas dicker, namentlich gegen die Spitze; der Vegetationskegel ist ganz allmählich zugespitzt und bis auf mehrere Millimeter vom Scheitel unbehaart. Bei der andern Art ist der Vegetationskegel ziemlich flach und die Behaarung lässt nur einen kleinen Theil frei; auch sind die ganzen Organe schmächtiger. — An den Organen der ersteren Art, den dickeren nämlich, beobachtet man in der Regel zwar erst mit Zuhilfenahme der Lupe, hie und da am nackten Vegetationskegel, oft zunächst der Spitze kleine schuppenförmige Blättchen, wodurch sie sich hinlänglich als unterirdische Stammtheile charakterisiren. Sie liegen meist oberflächlich, mit ihren Enden schief aufwärts geneigt; es sind die später über den Boden sich erhebenden und fructificirenden Sprosse. An der zweiten Art von Organen findet man keine Spur von Blättchen, und man wäre geneigt, sie trotz ihrer sonstigen Uebereinstimmung mit denen der ersten Art für Wurzeln zu halten, wenn nicht bei der anatomischen Untersuchung sogleich der Umstand dagegen spräche, dass ihr Vegetationskegel, wie bei den Organen der ersten Art frei, das heisst von keiner Wurzelhaube bedeckt ist. Beide Arten von Organen verhalten sich auch rücksichtlich ihres Längenwachsthumes durchaus gleich; Unterschiede in der Structur werden erst in grösserer Entfernung vom Vegetationspunkte bemerkbar.

Die Spitze des Vegetationskegels wird bei allen diesen Organen von einer dreiseitigen*) Scheitelzelle eingenommen. Die in ihr auftretenden Theilungswände sind jedoch nicht den Seitenflächen parallel, sondern divergiren nach der anodischen Seite. Demzufolge sind die Seitenwände der jungen Segmente ungleich, indem die kathodische Seitenfläche von der anodischen an Breite übertroffen wird (Fig. 8 und 8 B; v ist die Scheitelzelle; die jüngsten Segmente befinden sich ausserhalb der Wände 8 und 7). In Folge dieses Umstandes und insbesondere wegen des raschen Wachsthumes der Segmente ist die Scheitelzelle oft schwierig zu erkennen. Fig. 8 B gibt die schematische Darstellung des Scheitelwachsthumes von Fig. 8; 1—1, 2—2, 3—3, 4—4, 5—5, 6, 7 und 8 sind die aufeinanderfolgenden Theilungswände der Scheitelzelle; es sind die nämlichen, wie die gleichbezeichneten in Fig. 8.

---

*) Hofmeister. (Vergl. Unters. p. 126) gibt eine zweischneidige Scheitelzelle an.

Wir haben hier also einen Fall, wo die Divergenz der Segmente grösser ist, als $\frac{1}{3}$ des Umfanges (vgl. oben pag. 94). Es ist jedoch unmöglich, den Divergenzwinkel zu messen, da die Segmente durch rasches Anwachsen theils ihre Gestalt und Lage ändern, theils sehr bald undeutlich werden, so dass man selten mehr als 3 Segmente um die Scheitelzelle herum wirklich erkennt.

Auf Längsschnitten erscheinen die Seitenflächen der Scheitelzelle (v in Fig. 9 und 11) sehr steil aufgerichtet und wenigstens in ihren äusseren Theilen mit der Längsachse des Stengels nahezu parallel. Die gleiche aufgerichtete Lage zeigen natürlich auch die der Scheitelzelle zunächst gelegenen Segmente.

Bezüglich der in einer Segmentzelle auftretenden Theilungen liess sich nur so viel ermitteln, dass auch hier zunächst einige tangentiale, das ist der Aussenfläche parallele Wände auftreten. Ob durch eine derselben der Cambiumtheil des Segmentes abgeschnitten wird, liess sich nicht bestimmen. Diesen tangentialen Theilungen folgen nun radiale, die also auf der Aussenwand des Segmentes senkrecht stehen. Dabei sind sie den Hauptwänden entweder parallel, oder stehen auf ihnen senkrecht oder schief. Nach diesen radialen Wänden treten dann wieder tangentiale Theilungen auf, die sich nach aussen fortschreitend in unbestimmter Anzahl wiederholen. In Folge dieses Umstandes, dass nämlich die peripherischen Zellen ihre Theilungsfähigkeit noch längere Zeit behalten, wird die Epidermis erst an Stellen, die von der Vegetationsspitze ziemlich weit entfernt sind, angelegt.

In Bezug auf die Ausbildung der Rinde liess sich ebenfalls kein Theilungsgesetz ermitteln. Ein Gegensatz zwischen äusserer und innerer Rinde ist nirgends wahrzunehmen, und nur so viel ist sicher, dass auch hier die Theilungen hauptsächlich in den inneren Partieen vor sich gehen. — Die Grenze zwischen Rinde und Gefässcylinder ist, wenn auch an manchen Stellen ziemlich deutlich, meist nicht mit Sicherheit zu bestimmen. Ebensowenig lässt sich die Ausscheidung des Cambiumcylinders aus den Segmenten nachweisen. Man beobachtet unter der Scheitelregion ein kleinzelliges Meristem, dessen Zellen in der mittlern Partie allmählich länger werden, sich zuspitzen und den Cambiumcylinder darstellen.

Wenn man oberirdische Triebe unmittelbar über dem Boden quer durchschneidet, so erkennt man in dem centralen Gefässcylinder drei oder mehrere ziemlich gleichmässig über den Umfang vertheilte Vasalstränge. In dem Maasse nun, als man mit den Schnitten nach unten fortfährt, rücken diese Stränge immer näher zusammen, und gehen endlich in einen einzigen centralen Vasalstrang über. Gerade denselben Uebergang mehrerer peripherischer Vasalstränge in einen einzigen centralgelegenen beobachtet man auch an den oben erwähnten unterirdischen mit kleinen Blättchen besetzten Sprossen. An jenen unterirdischen Trieben hingegen, die durch den Mangel der Blättchen mehr den Charakter von Wurzeln an sich tragen, finden wir bis zur Vegetationsspitze einen einzigen centralen Vasalstrang; ihr Bau unterscheidet sich überhaupt in nichts von demjenigen, den die blättertragenden Sprosse unter der Vereinigungsstelle ihrer Stränge zeigen.

Die ersten Gefässe treten, je nachdem sich ein einziger oder drei getrennte Vasalstränge bilden, näher oder entfernter vom Centrum auf. Von diesen An-

fängen schreitet die Gefässbildung nach innen, und erreicht im ersten Falle das Centrum, so dass sich die anfänglich getrennten Gefässgruppen vereinigen. Entstehen drei getrennte Stränge, so wird ihre Lage durch die drei ersten Gefässe bezeichnet. Das erste und das zweite sind um etwas mehr als den dritten Theil der Peripherie von einander entfernt; das dritte hat ungefähr die gleiche Divergenz zum einen derselben, und ist daher dem andern genähert, von dem es um $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{5}$ des Umfanges entfernt ist. Aehnlich verhält es sich in den Sprosstheilen, in denen sich ein centraler Vasalcylinder bildet. Diese Divergenz der Gefässe dürfte vielleicht mit derjenigen der Segmente zusammenhängen, welche, wie wir gesehen haben, ebenfalls grösser ist, als 120°.

Es ist eine an Längs- und Querschnitten der wurzelähnlichen Rhizomsprosse häufig zu beobachtende Erscheinung, dass auch in der Nähe der Scheitelzelle gewisse Zellen als Mittelpunkte von neuen Zellengruppirungen angesehen werden können. Auf der Flächenansicht des Scheitels ordnet sich das Gewebe, gleich wie um die Scheitelzelle, so noch um einige andere ebenfalls mehr oder minder deutlich dreiseitige Zellen, nach drei Seiten. Offenbar sind es eben so viele neue Scheitelpunkte und somit Anlagen für seitliche Organe. Ist aber schon der eigentliche Scheitel meist schwer zu erkennen, so sind es diese seitlichen Anlagen noch mehr. In Fig. 8 zum Beispiele lassen sich wohl einzelne Stellen so deuten, doch ohne die Garantie einiger Sicherheit. In Fig. 12 erkennt man blos zwei Scheitelzellen einigermassen deutlich (v, v); die übrigen sind unsicher.

Deutlicher treten diese Zellgruppirungen am Längsschnitte hervor; sie sind auch hier demjenigen, welcher die Scheitelzelle umgibt, ähnlich. Dass es wirklich die Anlagen seitlicher Organe sind, geht auch unzweifelhaft daraus hervor, dass einzelne derselben in einiger Entfernung vom Scheitel in der That zu jungen Aesten werden. Als solche geben sie sich dadurch zu erkennen, dass das hinter ihnen gelegene kleinzellige Gewebe sich mit dem unter der Scheitelzelle der Stammspitze befindlichen vereinigt, dass somit von dem Cambiumcylinder sich ein Ast abzweigt, welcher zur Astanlage verläuft.

Wenn man nun auf Längsschnitten von einem solchen als Astanlage sicher erkannten Zellencomplexe aus die gegen den Scheitel des Stengels hin gelegenen Randzellen untersucht, so wird man nicht selten abwechselnd mit kürzeren Zellen tiefer, oft sehr tief reichende, nach innen keilförmig zugespitzte Zellen erkennen, die sich ausserdem auch noch dadurch auszeichnen, dass ihre Seitenwände, in gleicher Weise wie die der Scheitelzelle, gegen einander concav sind. Auch um diese Zellen lässt sich, besonders wenn sie von der Scheitelzelle etwas entfernter liegen, nicht selten eine Zellengruppirung, wenn auch nur von wenigen Zellen erkennen, und es ist wohl kein Zweifel, dass wir es mit jüngeren Stadien von Anlagen seitlicher Organe zu thun haben. Auch in den unmittelbar an die Stammscheitelzelle anstossenden Segmenten sehen wir häufig eine solche nach innen keilförmig zugespitzte Zelle, die dadurch entstanden ist, dass sich die im Segmente auftretende, auf der Aussenwand senkrechte Theilungswand nicht an die innere tangentiale Wand, sondern an die grundsichtige Hauptwand des Segmentes ansetzt, und so der Scheitelzelle ihre convexe Seite zukehrt. Fig. 10

zeigt uns diess in schematischer Darstellung, die nach mehreren Präparaten ausgeführt wurde. a, b, c, d sind die hier sichtbaren succesiven Segmente neben der Scheitelzelle (v); 1 ist die erste Wand in jedem Segmente, welche die Scheitelzelle für das seitliche Organ abschneidet; 2 und 3 sind Theilungswände in dieser Scheitelzelle. In Fig. 11 ist ein Längsschnitt nach der Natur gezeichnet; a, b, c sind Anlagen für seitliche Organe.

Das Vorhandensein von Uebergangsstadien lässt kaum bezweifeln, dass einzelne dieser Anlagen dazu bestimmt sind, Aeste des Rhizoms zu bilden. Es folgt daraus, dass eine Verzweigung, oder wie Hofmeister sich ausdrückt, eine Gabelung der Endknospe nicht in der Weise entsteht, dass die Scheitelzelle in zwei gleichwerthige Hälften zerfällt, die als neue Scheitelzellen ihre Theilungen fortsetzen, sondern, dass die Verzweigung erst in den Segmenten angelegt wird. Eine wahre Dichotomie durch Theilung der Scheitelzelle, wie es Hofmeister*) angibt, wurde nie beobachtet; ist auch bei dreiseitigen Scheitelzellen höchst unwahrscheinlich, da in jedem Falle ungleiche Hälften entstehen müssten.

Es wurde schon oben erwähnt, dass die gewöhnlichen (dickern) Sprosse des Rhizoms an den unbehaarten Theilen des Vegetationskegels hie und da kleine Blättchen zeigen. Zunächst der Vegetationsspitze erscheinen dieselben als kleine Höcker, welche auf dem Längsschnitt betrachtet, die gleiche Zellengruppirung, wie die Astanlagen zeigen, nur mit dem Unterschiede, dass wir keine Abzweigung des Cambiumcylinders (in Form eines kleinzelligen Gewebes) unter sie verlaufen sehen. Auch an diesen Rhizomsprossen, die bestimmt sind, in beblätterte Stengel auszuwachsen (und das Gleiche gilt auch für die Enden der oberirdischen Stengel selbst), finden wir in den der Scheitelzelle zunächst gelegenen Segmenten die nämlichen keilförmigen Zellen, wie sie vorhin an den wurzelähnlichen Rhizomsprossen erwähnt wurden. Da andere Zellen, oder Zellengruppirungen, die sich etwa als Blattanlagen deuten liessen, nirgends zu beobachten sind, so müssen wir diese keilförmigen Zellen nicht bloss als die Mutterzellen der Aeste, sondern auch als diejenigen der Blätter betrachten. Dafür, dass sie in der That nicht blos Astanlagen sind, sondern dass aus ihnen auch Blätter gebildet werden, spricht ebenfalls noch ihre grosse Zahl, welche mit der Zahl der an ober- und unterirdischen Theilen zu beobachtenden Verzweigungen, in gar keinem Verhältnisse steht.

Es würde also scheinen, als ob zwischen Ast- und Blattanlagen kein Unterschied bestehe. Doch lässt sich diese Frage aus den vorliegenden Beobachtungen nicht entscheiden. Wir wissen nur so viel mit einiger Sicherheit, dass sie darin mit einander übereinstimmen, dass beide aus Segmenten hervorgehen, und dass im Längsschnitte gesehen, die Theilungen der Scheitelzelle in gleicher Weise zu erfolgen scheinen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass rücksichtlich der Stellung am Mutterorgan und rücksichtlich der Theilungsrichtungen bestimmte Verschiedenheiten vorkommen.

Von den mit kleinen spärlichen Blättern versehenen Verzweigungen des

---

*) l. c. p. 126.

Rhizoms können wir nun auf die blattlosen wurzelähnlichen Aeste desselben zurückschliessen. Ganz die nämlichen Anlagen seitlicher Organe und in gleicher Häufigkeit sind, wie schon erwähnt wurde, bei ihnen vorhanden. Den grösseren Theil derselben müssen wir ebenfalls als Blattanlagen in Anspruch nehmen, aber als Blattanlagen, die in ihren ersten Stadien der Entwicklung verharren und sich nicht über die Stengeloberfläche erheben.*) Wir dürfen diess um so mehr thun, als auch bei den gewöhnlichen Sprossen des Rhizoms die Mehrzahl der Blattanlagen in gleicher Weise verkümmert, und als auch die wurzelähnlichen Triebe das Vermögen besitzen, wenn sie sich der Erdoberfläche nähern, kleine Blätter zu bilden.

Wir müssen also annehmen, dass der ganze unterirdische Theil der Pflanze ein Stengelgebilde sei, und dass am Scheitel aller Sprosse ganz normal Blätter angelegt werden, und zwar in der Art, dass jedem Segment eine Blattinsertion entspricht. Während nun aber an den einen Sprossen die Blattanlagen ganz regelmässig fehlschlagen, wachsen an den andern einzelne derselben zu kleinen Blättern aus und erst dann, wenn die Triebe über die Erde kommen, gelangen sie in grösserer Anzahl zur Entwicklung. Dass aber auch an diesen oberirdischen Sprossen noch manche Anlagen abortiren, dafür spricht vielleicht der Umstand, dass sich in der Stellung der Blätter kein bestimmtes Gesetz nachweisen lässt.

Die schon am Vegetationskegel angelegten Seitensprosse treten erst in ziemlicher Entfernung von diesem über die Oberfläche des Muttersprosses hervor, von dem sie sich dann unter nahezu rechten Winkeln abzweigen. An den wurzelähnlichen Sprossen, die — wie oben erwähnt — bis dicht unter die Vegetationsspitze mit braunen Haaren bedeckt sind, lassen sich die Stellen ihrer Oberfläche, an denen sich Astanlagen gebildet haben, schon viel früher, und zwar daran erkennen, dass an ihnen die Haarbildung unterbleibt, so dass sie als gelblich glänzende kreisförmige Flecken von dem braunen Filze, mit dem sonst überall die Oberfläche bekleidet ist, sehr scharf abheben. Auch an den gewöhnlichen Sprossen, deren Vegetationskegel auf grössere Strecken unbehaart ist, erkennt man die Stellen der Sprossanlagen bis ziemlich nahe am Scheitel und zwar daran, dass sie, gegen das Licht gehalten, lebhaft spiegeln. Es ist diess eine Folge der glatteren Oberfläche, wozu noch der Umstand hinzu kommt, dass an diesen Stellen die Oberfläche des Vegetationskegels viel weniger gekrümmt ist, so dass

---

*) Wenn man die unbehaarten Spitzen der wurzelähnlichen Rhizomsprosse mit der Lupe betrachtet, so findet man hie und da über die Oberfläche zerstreut, braune Flecken, die sich besonders auch zunächst dem Scheitel finden. Bei anatomischer Untersuchung gewahrt man öfters in Mitte dieser Flecken eine dreiseitige Zelle, deren Wände jedoch sammt denen der umliegenden Zellen gebräunt erscheinen, und die den Eindruck von abgestorbenen Zellen machen. Wenn man den durch einen Querschnitt abgetrennten Scheitel eines Sprosses in verschiedenen Lagen untersucht, so ist die Scheitelregion manchmal von mehreren, wenn auch kaum bemerkbaren Erhöhungen umgeben, die ebenfalls öfters braun gefärbt erscheinen, und deren oberflächliches Gewebe abgestorben zu sein scheint. Es wäre wohl möglich, dass gerade diese Stellen den verkümmerten Blattanlagen entsprächen.

die Sprossanlagen nahezu Kreisebenen darstellen. — Bei Beobachtung dieser Verhältnisse ergiebt sich nun auch deutlich, dass die Sprossanlagen sich nicht durchwegs in der Ordnung weiter entwickeln, in der sie angelegt werden. Man erkennt nämlich nicht selten zwischen Aesten von mehreren Mill. Länge solche glänzende unbehaarte Stellen, also in ihrer Entwickelung zurückgebliebene Astanlagen.

Die wurzelähnlichen Rhizomsprosse von Psilotum haben eine grosse Analogie mit den Wurzelträgern von Selaginella. Beide unterscheiden sich von den gewöhnlichen Rhizomsprossen vorzüglich durch die abwärts steigende Wachsthumsrichtung und den Mangel an äusserlich sichtbaren, auch noch so kleinen Blättern. Sie bilden eine besondere Kategorie von Stengeltheilen, für die wir den Namen Rhizoid vorschlagen möchten.

Erklärung der Tafeln XI—XXI.

Die nicht schematischen Figuren sind fast alle mit dem Sömmering'schen Spiegelchen gezeichnet; die in ( ) stehenden Zahlen geben die Vergrösserung an. Die Zahlen 1, 2, 3, 4 etc. geben die genetische Aufeinanderfolge der Wände an, ebenso die Zahlen I, II, III, IV etc. die genetische Folge der Segmente.

Taf. XI.

Die Figuren sind sämmtlich schematisch; sie gelten für die Wurzeln mit dreiseitiger Scheitelzelle.

Fig. 1. Ein Segment. a b c d die Aussenwand; b g c e und a h d f die beiden Hauptwände; a b e f und c d e f die beiden Seitenwände. h g p q Sextantenwand, die sich in der Segmentzelle gebildet hat. l m o n Cambiumwand, durch die sich die Sextantenzelle g h c d — p q f e getheilt hat. i k m l Cambiumwand, durch welche die Sextantenzelle a b p g h getheilt wurde.

Fig. 2. Drei aufeinander folgende Segmente (I, II, III) mit der von ihnen umschlossenen dreieckigen Scheitelzelle.

Fig. 3. Eben gelegte Oberfläche des Vegetationskegels eines Wurzelkörpers, um das Ineinandergreifen der Segmente zu zeigen. Die Winkel l n l' und m o m' öffnen sich immer mehr (l^2 n^2 l^3 und m^2 o^2 m^3) und werden zur Geraden.

Fig. 4. Längsschnitt durch den Vegetationskegel einer Wurzel. I, IV, VII, X, XIII die Segmente einer Reihe. k, l, m, n die 4 letzten Wurzelkappen — Vgl. pag. 77; 98.

Fig. 5. Längsschnitt durch den Vegetationskegel eines Stengels (oder einer Wurzel mit Weglassung der Wurzelkappen). I, IV, VII, X, XIII die Segmente einer Reihe. — Vgl. pag. 98.

Fig. 6. Längsschnitt des Vegetationskegels einer Wurzel; nach Equisetum hiemale. k, l, m, n, q Wurzelkappen, der Uebersichtlichkeit wegen ohne Theilungswände gezeichnet. c Cambiumwand; e Epidermiswand; r Rindenwand; 1, 2, 3 die tangentialen Wände, wie sie zwischen r und c auf einander folgen. Die radialen Wände in den Segmenten sind alle weggelassen. o Epidermis; e—r äussere Rinde; r—c innere Rinde; c—c Cambiumcylinder.

Fig, 7. Querschnitt durch die Wurzelspitze, dem untern Ende von Fig. 6 entsprechend. h die Hauptwände, die im Centrum zusammenstossen; s die Sextantenwände; c die Cambiumwände; e die Epidermiswände; r die Rindenwände. Diese Wände entstanden in

folgender Ordnung: h, s, c, e, r, 1, 2, 3. — o Epidermis; e—r äussere Rinde; r—c innere Rinde; c—c Cambiumcylinder.

Taf. XII. Equisetum hiemale.

Fig. 1 (300). Querschnitt durch die Wurzelhaube zunächst der Scheitelzelle. Der rundliche Raum im Innern mit den Wänden 1, 2, 3, 4 ist die jüngste Kappe von der Fläche gesehen. Die concentrischen Zellenringe, welche jenen Raum umgeben, sind ältere Kappen im Durchschnitt. w verdickte Zellwand.

Fig. 2 (250). Ein ähnlicher, jedoch von der Scheitelzelle weiter entfernter Schnitt. m, m die 4 centralen Zellen der jüngsten Kappe. w verdickte Zellwände.

Fig. 3, 4, 5 (300). Junge Kappen von der Fläche, d. h. im Querschnitt der Wurzel gesehen; Fig. 5 ist schematisirt. Die Wände sind nach der genetischen Reihenfolge mit 1, 2, 3, 4, 5 bezeichnet.

Fig. 6 (250). Querschnitt durch die Wurzelhaube zunächst der Scheitelzelle, welche man tiefer liegend sieht (sie ist punktirt gezeichnet). Die jüngste Kappe mit den Wänden 1, 2, 3, 4 erblickt man von der Fläche, die älteren Kappen als Ringe im Durchschnitt.

Fig. 7 A (250), B schematisch. Scheitelzelle mit den umgebenden Segmenten I, II, III, IV, V im Querschnitt der Wurzel. 1—1, 2—2, 3, 4, 5 die auf einander folgenden Theilungswände der Scheitelzelle. 1' und 2' die auf einander folgenden radial-verticalen Wände in einem Segment.

Fig. 8 (300). Querschnitt durch den Wurzelkörper zunächst der Scheitelzelle. I, II, III die drei aufeinander folgenden Segmente; h die Hauptwände zwischen denselben; s die Sextantenwände; c die Cambiumwände.

Fig. 9 (250). Medianer Längsschnitt durch die Vegetationsspitze. k—k, l—l, m—m die drei jüngsten Kappen der Wurzelhaube; l—l ist zweischichtig; m—m rechts und links zweischichtig, in der Mitte mehrschichtig; v Scheitelzelle; c Cambiumwand; e Epidermiswand; r Rindenwand; o Oberhaut; e—c Rinde; e—r äussere, c—r innere Rinde; c—c Cambiumcylinder.

Fig. 10 (250). Medianer Längsschnitt durch die Vegetationsspitze. k—k, l—l, m—m die drei jüngsten Wurzelkappen; l—l ist rechts zweischichtig, links einschichtig. v Scheitelzelle; I, III, IV, VI Segmente.

Taf. XIII. Equisetum hiemale.

Fig. 1 (250). Querschnitt durch den Cambiumcylinder und die ihn zunächst umgebenden Rindenzellen, dicht unter der Scheitelzelle. z innere Rinde. h'—h die gebrochenen Hauptwände; s'—s die gebrochenen Sextantenwände (h' und s' in der Rinde, h und s im Cambiumcylinder).

Fig. 2 (250). Medianer Längsschnitt durch eine Wurzelspitze. Bei der Bezeichnung der Segmente ist eine linksläufige Spirale vorausgesetzt. k—k, l—l, m—m, q—q die 4 jüngsten Kappen der Wurzelhaube. l—l ist noch überall zweischichtig; m—m rechts und links zweischichtig, in der Mitte mehrschichtig. v Scheitelzelle. c Cambiumwand; e Epidermiswand. o Epidermis; e—c Rinde; c—c Cambiumcylinder.

Fig. 3 (250). Querschnitt durch einen ausgewachsenen Wurzeltheil. o Epidermis; y äussere Rinde (zweischichtig); z innere Rinde (dreischichtig); u Luftgänge; g Gefässe (3 peripherische und 1 centrales).

Fig. 4, 5 (250). Querschnitte durch jüngere und dünnere Wurzeln. q Wurzelhaube; o Epidermis, y äussere Rinde (in Fig. 5 stellenweise ein- und stellenweise zweischichtig); z innere Rinde; c—c Cambiumcylinder.

Fig. 6 (250). Medianer Längsschnitt durch die Vegetationsspitze. k und l—l die zwei jüngsten Kappen der Wurzelhaube, letztere beiderseits zweischichtig, in der Mitte dreischichtig. v Scheitelzelle. c Cambiumwand; e Epidermiswand; r Rindenwand.

Fig. 7, 8, 9. A mit dem Sömmering'schen Spiegelchen gezeichnet (300), B die Theil-

ungsschemen dazu; die sich entsprechenden Wände in A und B sind parallel gestellt. h^1—h die gebrochenen Hauptwände, h^1 in der Rinde, h im Cambiumcylinder; s^1—s die gebrochenen Sextantenwände, s^1 in der Rinde, s im Cambiumcylinder; die im Cambiumcylinder folgenden Wände sind nach ihrer Succession mit 3, 4, 5 bezeichnet; die Wände 4^1 befinden sich in den kleineren Sextanten.

Fig. 10 A (250). Querschnitt durch eine noch im Gewebe der Mutterwurzel befindliche Tochterwurzel. m Rindenzellen der Mutterwurzel; der Pfeil gibt die Achsenrichtung der Mutterwurzel an; er ist mit der Spitze scheitelwärts gekehrt. — o Epidermiszellen; y äussere Rinde, stellenweise ein- unb stellenweise zweischichtig; z innere Rinde (dreischichtig).

Fig. 10 B. Theilungsschema des Cambiumcylinders von Fig. 10 A. g Gefässe; h Hauptwände; s Sextantenwände; 3 erste Wand in den Sextanten; in zwei grösseren Sextanten ist dieselbe ausnahmsweise schief, statt tangential, gestellt (3^1).

Taf. XIV.

Fig 1 (250). Asplenium Filix femina. Scheitelregion im Querschnitt der Wurzelspitze. v Scheitelzelle mit einem grossen Zellenkern. I—I, II—II, III—III, IV, V, VI, VII—VII, VIII die acht letzten Segmente.

Fig. 2 (300). Pteris aquilina. Scheitelregion im Querschnitt der Wurzelspitze. v Scheitelzelle; I, II—II, III, IV, V, VI die sechs letzten Segmente.

Fig. 3—10. Pteris hastata Sw.

Fig. 3 (250). Vollständige junge Kappe von der Fläche, d. h. im Querschnitt der Wurzelspitze. 1—1 die erste, 2—2 die zweiten, 3—3 die dritten, 4, 4 die vierten Wände.

Fig. 4 (250). Scheitelzelle (v) mit den umliegenden Segmenten (I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII), im Querschnitt der Wurzelspitze gesehen.

Fig. 5 (250). Derselbe Schnitt bei tieferer Einstellung. h die drei Hauptwände, die sich im Centrum berühren und die Segmentreihen trennen. Man sieht von den drei inneren Segmenten, welche mit ihren Hauptwänden horizontal liegen, nur den inneren (cambialen) Theil, mit den Sextantenwänden (s) und mit tangentialer Theilung (t) in zwei Sextanten, welche das eigentliche Cambium und das Pericambium scheidet. Die umgebenden Segmente stehen schief aufrecht; man erblickt dieselben wie in Fig. 4 vorzugsweise in einer mit ihrer Aussenwand parallelen Ebene.

Fig. 6 (250). Noch tiefere Einstellung desselben Schnittes; es ist nur der Cambiumcylinder gezeichnet, mit den Haupt- und Sextantenwänden (h und s) und mit den tangentialen Wänden (t), welche das Pericambium abschneiden.

Fig. 7 (250). Medianer Längsschnitt durch die Vegetationsspitze. k—k, l—l, m—m, n—n vier einschichtige Kappen der Wurzelhaube. v Scheitelzelle; I, II, IV, V, VII, VIII, X, XI, XIII die aufeinander folgenden Segmente zweier Reihen. e Epidermiswand, c—c Cambiumwand. o Epidermis; e—c Rinde; c—c Cambiumcylinder.

Fig. 8 (250). Querschnitt durch einen jungen Wurzeltheil; die drei Hauptwände (h) sind etwas stärker gezeichnet. q Rest der Wurzelhaube; o Epidermis; x Rinde; p Pericambium (zweischichtig).

Fig. 9 (300). Späteres Stadium eines solchen Querschnittes; p Pericambium; o Epidermis.

Fig. 10 (250). Querschnitt durch einen jungen Wurzeltheil, in welchem eben die Verholzung der Gefässe ihren Anfang genommen hat. o Epidermis; i innerste Rindenschichte; p Pericambium, zweischichtig, bei p^1 einschichtig.

Taf. XV.

Fig. 1 (250). Platycerium alcicorne. Längsschnitt durch die Vegetationsspitze einer Wurzel. k, l, m die drei jüngsten Wurzelkappen. c Cambiumwand. v Scheitelzelle;

o Epidermis; e—c Rinde. I, II, IV, V, VII, VIII die successiven Segmente zweier Reihen.

Fig. 1 B. Theilungsschema für den gleichen Längsschnitt, wobei nur die in der Scheitelzelle gebildeten Wände gezeichnet wurden. Diese Wände sind nach ihrer genetischen Folge numerirt; 1, 5, 9 liegen auf der abgekehrten Seite und sind desswegen unsichtbar. Zwischen der Entstehungszeit der zwei Wurzelhaubenwände 4 und 8 wurden drei schiefe Wände (nämlich 5, 6 und 7), zwischen 8 und 11 nur zwei (nämlich 9 und 10) gebildet.

Fig. 2 (250). Polypodium dimorphum. Querschnitt durch einen jungen Wurzeltheil, mit beginnender Verholzung der Gefässe und der innern Rindenzellen. o Epidermiszellen, manche sind in Wurzelhaare ausgewachsen. y—y äussere Rinde. z innere Rinde; i innerste Schichte derselben mit nicht verdickten Wandungen. p Pericambium. a innerste Rindenzelle vor dem Gefäss liegend; die Zellen ausserhalb bleiben dünnwandig.

Fig. 3 (300). Medianer Längsschnitt durch eine Wurzelspitze derselben Pflanze. k, l, m, n die vier jüngsten Kappen der Wurzelhaube. v Scheitelzelle. IV—IV, V, VII, VIII Segmente. c Cambiumwand; e Epidermiswand; r Rindenwand; f Wand, welche die Epidermis in zwei Schichten theilt. o Epidermis; q innere Epidermis; e—c Rinde; c—c Cambiumcylinder; p Pericambium.

Fig. 3 B. Theilungsschema für den gleichen Längsschnitt, wobei nur die in der Scheitelzelle gebildeten Wände gezeichnet wurden. Dieselben sind nach ihrer Entstehungsfolge numerirt; die Wände 2, 6, 10 liegen auf der abgekehrten Seite. Zwischen den Quertheilungen 4 und 8 fanden drei schiefe (5, 6, 7), zwischen den Quertheilungen 8 und 11 nur zwei schiefe Theilungen (9, 10) statt.

Fig. 4—7. Blechnum occidentale.

Fig. 4 (250). Querschnitt durch die Scheitelregion einer Wurzel. v Scheitelzelle. I, II, III, IV, V, VI, VII Segmente.

Fig. 5 (250). Derselbe Schnitt bei tieferer Einstellung; es wurde blos der Cambiumcylinder gezeichnet. h Hauptwände; s Sextantenwände; t tangentiale Wände, welche das eigentliche Cambium und das Pericambium trennen.

Fig. 6 (250). Querschnitt durch den Wurzelkörper nahe der Scheitelzelle. Die Hauptwände (h) sind stärker gezeichnet; s Sextantenwände; c Cambiumwände. o Epidermis; w Wurzelhaube; p Pericambium (noch einschichtig).

Fig. 6 B. Theilungsschema für den Cambiumcylinder des gleichen Querschnittes. Bezeichnung die nämliche. Die Wände in den primären Pericambiumzellen (p) sind weggelassen; die Wände im eigentlichen Cambium sind nach ihrer Entstehungsfolge numerirt, indem mit 3 diejenige bezeichnet ist, welche das eigentliche Cambium vom Pericambium scheidet.

Fig. 7 (300). Medianer Längsschnitt durch eine Wurzelspitze. k, l, m, n, o Kappen der Wurzelhaube. v Scheitelzelle. c—c Cambiumwand; e—e Epidermiswand; f Wand, welche die primäre Epidermis in äussere und innere Epidermis scheidet; t Wand, welche die primäre Cambiumzelle in eigentliches Cambium und Pericambium trennt. o Epidermis (äussere); q innere Epidermis; e—c Rinde; p Pericambium, zweischichtig. I, III, IV. VI, VII, IX Segmente zweier Reihen.

Taf. XVI.

Fig. 1 (100). Aspidium Serra. Querschnitt durch einen jungen Wurzeltheil mit der Anlage einer Tochterwurzel. i innerste Rindenschicht; p Pericambium, welches in einer einfachen Schicht die junge Wurzel von dem Cambiumcylinder mit dem ersten Gefäss der Mutterwurzel trennt. II und III das zweite und dritte Segment der Wurzelanlage, jedes in dieser Ansicht dreizellig; v die Scheitelzelle derselben; k die erste Wurzelkappe.

Fig. 2 (250). Pteris serrulata. Querschnitt durch einen jungen Wurzeltheil mit der

Anlage einer Tochterwurzel. i innerste Rindenschicht; p Pericambium; dasselbe trennt als einfache Zellschicht den Cambiumcylinder von der Anlage. II und III das zweite und dritte Segment der Wurzelanlage, jenes zweizellig, dieses noch einzellig; v die Scheitelzelle derselben; k die erste Wurzelkappe.

Fig. 3 (300). Adiantum Capillus. Von einem tangentialen Längsschnitt eines jungen Wurzeltheils ist nur eine der innersten Rindenschichte angehörende Zellenreihe dargestellt. a—b eine ursprüngliche Zelle dieser Reihe, die sich durch die Wände c und d getheilt hat. d—c primäre Zelle der Wurzelanlage. 1, 2, 3, 4 die successiven schiefen Wände in derselben. I (vierzellig), II (zweizellig), III (zweizellig), IV (einzellig) die vier ersten Segmente. v Scheitelzelle. Der Pfeil gibt die akropetale Richtung der Achse der Mutterwurzel an.

Fig. 4 (250). Pteris arguta. Radialer Längsschnitt durch einen jungen Wurzeltheil, mit einer Wurzelanlage, die man ebenfalls im (optischen) Längsschnitt sieht. c Cambium; g Gefäss; p Pericambium (einschichtig); z innere Rinde; i innerste Schicht derselben. I und II die beiden ersten noch einzelligen Segmente der Wurzelanlage; v Scheitelzelle derselben. Der Pfeil gibt die akropetale Achsenrichtung der Mutterwurzel an.

Fig. 5, 7—12. Marsilia aegyptiaca. Fig. 6. M. quadrifolia.

Fig. 5 (150). Von einem tangentialen Längsschnitt, der ⅕ M. M. vom Scheitelpunkte der Mutterwurzel entfernt geführt wurde, ist nur eine Zellenreihe, welche der innersten Rindenschicht angehört, gezeichnet. Man sieht sie von der innern Seite. a und b noch einzellige Wurzelanlagen, die erstere nur wenig grösser als die anliegenden Zellen. d zweizellige Anlage; die grundsichtige Zelle ist das erste Segment, die scheitelsichtige die Scheitelzelle der Anlage. e und f zwei Anlagen, von denen man die drei ersten Segmente (I, II, III) sieht; jedes ist durch die Sextantenwand getheilt. h Hauptwände, s Sextantenwände, c Cambiumwände in den drei ersten Segmenten (I, II, III) der zwei nächst ältern Anlagen.

Fig. 6 (250). Querschnitt durch eine Wurzel, 1 M.M. vom Scheitel entfernt, mit einer Wurzelanlage, die man im Längsschnitt sieht. z innere Rinde; i innerste Schicht derselben; p Pericambium. II und III das zweite und dritte Segment der Wurzelanlage; v die Scheitelzelle derselben; k die erste Wurzelkappe.

Fig. 7 (250). Radialer Längsschnitt durch einen jungen Wurzeltheil mit einer Wurzelanlage, die man ebenfalls im Längsschnitt sieht. z innere Rinde; i innerste Schicht derselben. I, II (beide dreizellig) und IV (einzellig) Segmente der Wurzelanlage; v Scheitelzelle derselben; k—k die erste (zweizellige) Wurzelkappe. Der Pfeil gibt die akropetale Achsenrichtung der Mutterwurzel an.

Fig. 8, 9 (250). Querschnitte durch junge Wurzelhauben. Die numerirten Wände gehören der jüngsten Kappe an; die diesen Raum umgebenden Zellenringe sind die durchschnittenen älteren Kappen. 1—1 die erste Wand, 2, 3, 4 die folgenden Wände.

Fig. 10 (250). Querschnitt durch einen jungen Wurzeltheil. o Epidermis; y äussere Rinde (einschichtig); z innere Rinde; i innerste Schichte derselben; u grosse Luftgänge, welche zwischen den aus der äussersten Schicht der innern Rinde hervorgegangenen radialen Zellenreihen liegen.

Fig. 11 (250). Querschnitt durch eine Wurzel zweiter Ordnung. o Epidermis; y äussere Rinde (einschichtig); z äussere Schicht der innern Rinde; i innere Schicht derselben.

Fig. 12 (250). Querschnitt durch eine Wurzel erster Ordnung, in welcher die innern Gefässe noch dünnwandig sind. Epidermis, äussere Rinde und die äusseren Schichten der innern Rinde sind nicht gezeichnet. a, a zwei grössere Zellen der innersten Rindenschichte. p Pericambium. b, b die beiden Baststränge; innerhalb a und a liegen die beiden primordialen Gefässgruppen.

Fig. 13 A (400). Pilularia minuta. Querschnitt durch den (sechszelligen) Cambiumcylinder der Wurzel. i—i innerste Schicht der innern Rinde. — B. Theilungsschema für den Cambiumcylinder. h Hauptwände; s Sextantenwände; c Cambiumwände; c' Cambiumwand in dem Segment, in welchem die Sextantenwand ausgeblieben ist.

Fig. 14, A (400). Querschnitt durch den jungen Gefässcylinder einer Wurzel derselben Pflanze. g, g zwei Gefässe. — B. Theilungsschema. h Hauptwände; s Sextantenwände. Zwei Sextanten (g, g) haben sich in Gefässe umgebildet, der dritte (g') nicht.

Taf. XVII. Lycopodium clavatum.

Fig. 1. Schematische Horizontalprojektion eines monopodialen Verzweigungssystems mit opponirten Strahlen. Der Hauptstrahl ist mit I bezeichnet. Die an ihm entspringenden Aeste oder Strahlen zweiter Ordnung, die den Zeiger II haben, folgen vom Grunde gegen die Spitze so aufeinander: 1II, 2II, 3II, 4II; 2II^{1} bildet mit 2II, ferner 3II^{1} mit 3II und ebenso 4II^{1} mit 4II je ein Paar, wobei II^{1} aber immer etwas näher dem Scheitel inserirt ist, als II. Die Strahlen zweiter Ordnung tragen in gleicher Weise diejenigen der dritten Ordnung III, wobei ebenfalls 1III und 1III^{1} das unterste Paar mit ungleich hoher Insertion, 2III und 2III dagegen das zweite Paar mit gleich hoher Insertion der beiden Elemente darstellen.

Fig. 2. Schematische Horizontalprojektion eines andern Verzweigungssystemes mit gabeligen Enden. 1II und 1II stehen seitlich an I in gleicher Höhe. I endigt in die beiden Gabeläste 2II und 2II, und die beiden Seitenäste 1II endigen jeder in die Gabelzweige 1III und 1III.

Fig. 3. Querschnitt durch die Spitze einer zwei Centimeter langen Wurzel erster Ordnung mit den noch im Gewebe eingeschlossenen Verzweigungsanlagen (vgl. pag. 118).

Fig. 4. Schematische Horizontalprojektion eines monopodialen Verzweigungssystems mit einzeln stehenden Seitenstrahlen, die vom Grunde nach dem Scheitel wie die Ziffern 1 . . . 6 aufeinander folgen

Fig. 5 (400). Querschnitt durch die Wurzelspitze in der Scheitelregion. v die muthmassliche Scheitelzelle.

Fig. 6 (400). Ebenso.

Fig. 7 (250). Querschnitt durch eine Wurzel zunächst ihrer Spitze. w aufquellende und sich ablösende Zellen der Wurzelhaube. o Epidermis. y äussere Rinde.

Fig. 8 (300). Epidermiszellen zunächst der Wurzelspitze auf dem radialen Längsschnitt gesehen. p Zellen, aus denen die Wurzelhaare entstehen.

Fig. 9 (300). Epidermiszellen, wenig weiter vom Scheitel entfernt als Fig. 8, von der Oberfläche gesehen. Die Zellen p haben sich in 2 oder 3 Zellen getheilt und werden somit 2 oder 3 Haare tragen.

Fig. 10. Schematische Darstellung des Verlaufes der primordialen Vasal- (Blattspur-) Stränge auf der eben gelegten Stengeloberfläche, um ihre Verbindung mit den Primordialsträngen der Wurzel zu zeigen; — nach successiven Querschnitten ausgeführt. 1 . . . . . 43 die Abgangsstellen der Gefässtränge für die successiven Blätter; die Blätter 23 und 30 fehlen. a, b, c, d, e, f, g, h, i, k, l die Primordialstränge des Stengels scheitelwärts von der Insertion der Wurzel; de, f, g, h grundwärts von derselben; m, n, o, p, q, r, s, t Abgangsstellen der Primordialstränge der Wurzel.

Fig. 11 (250) Querschnitt durch eine dünne Wurzel. o Epidermis; h Wurzelhaar; y äussere Rinde, einschichtig.

Fig. 12 (400). Längsschnitt durch die Spitze einer dünnen Wurzel. v Scheitelzelle. o Epidermis.

Fig. 13 (250). Querschnitt durch den noch unausgebildeten Gefässcylinder einer dickern Wurzel, in welchem erst die primordialen Vasalstränge (g) und die primordialen Baststränge (b) sichtbar sind; h die noch zartwandigen porösen Gefässe.

Taf. XVIII. Selaginella.

Fig. 1—4, 6—9. S. Kraussiana (Kunze) A. Br. (S. hortensis Mett.) — Fig. 5, 10 11. S. Martensii Spr. — Fig. 12. S. cuspidata Link.

Fig. 1 (250). Randpartie eines Längsschnittes durch das kopfförmige Ende eines noch ganz jungen Wurzelträgers.

Fig. 2 (300). Randpartie eines Querschnittes durch die Stengelspitze mit einer längsdurchschnittenen Anlage eines Wurzelträgers. v Scheitelzelle des letztern, s jüngstes, t zweitjüngstes Segment.

Fig. 3 (250). Querschnitt durch einen Wurzelträger unmittelbar hinter der Gabelung; es sind nur die noch nicht vereinigten Gefässcylinder der beiden Gabeläste gezeichnet. g die primordialen engen Gefässe; h weite poröse Gefässe.

Fig. 4 (250). Ein gleicher Schnitt mit gleicher Bezeichnung, etwas weiter von der Gabelungsstelle; die beiden Gefässgruppen sind etwas näher beisammen.

Fig 5 (250). Längsschnitt durch einen Zellhöcker auf einem Wurzelträger, der quer durchschnitten wurde. o Oberhaut des Wurzelträgers.

Fig 6 (250). Querschnitt durch einen alten, stark verholzten Wurzelträger. h die weiten porösen Gefässe, welche die engen primordialen Gefässe umgeben. i innerste Rindenschicht.

Fig. 7. Querschnitt durch das kopfförmige Ende eines 12 Mill. langen Wurzelträgers mit 5 Wurzelanlagen.

Fig. 8. Ein ganz junger kopfförmiger Wurzelträger, mit 3 Wurzelanlagen (r, s); A in der Längsansicht, B in der Queransicht.

Fig. 9 (250). Querschnitt durch eine junge Wurzel, in welcher die Verholzung der Gefässe eben begonnen hat g die engen primordialen, k die noch zartwandigen weiten porösen Gefässe. i innerste Rindenschicht.

Fig. 10. Längsschnitt durch einen Stengel senkrecht auf die Verzweigungsebene. a der eine Gefässstrang; derselbe theilt sich an der Verzweigungsstelle in zwei Stränge b und c. d der gemeinsame Strang der beiden Wurzelträger; der eine Schenkel desselben (e) geht in den entwickelten Wurzelträger (E) der Unterseite, der andere (f) zu dem unentwickelten Wurzelträger (F) der Oberseite des Stengels.

Fig. 11. Längsschnitt durch einen Stengel, parallel der Verzweigungsebene; Bezeichnung wie in vorhergehender Figur. g der zweite Gefässstrang des Stengels unter der Verzweigung; h, i die beiden Stränge, in welche sich b spaltet

Fig. 12 (250). Querschnitt durch eine ausgebildete Wurzel. o die in lange Haare ausgewachsenen Epidermiszellen; n die äusserste Rindenschichte; i die innersten dünnwandig bleibenden Rindenschichten.

Taf. XIX. Isoëtes lacustris.

Fig. 1. Querschnitt durch die Spitze einer 1 Mill. langen Wurzel. I, I die beiden Gabelzweige erster Ordnung; II und III die Anlagen für diejenigen der zweiten und dritten Ordnung.

Fig. 2 (250) Querschnitt durch einen noch jungen Gabelzweig vierter Ordnung nahe seiner Spitze. o Epidermis; h Hauptwand, welche die beiden Segmente trennt.

In dieser, wie in den vier folgenden Figuren sind die Zellen der innern Rinde schraffirt, und diejenigen derselben, welche ihrer schwächeren Hälfte angehören, durch × bezeichnet.

Fig. 3, 4, 5 (250). Drei Querschnitte durch den nämlichen Gabelzweig der letzten Ordnung; Fig. 3 zunächst der Spitze mit noch ungetheiltem (einzelligem) Cambiumcylinder, Fig. 5 dicht hinter 3 und dicht vor Fig. 4. — o Epidermis; w Wurzelhaube; h Hauptwand. — In Fig. 4 ist der durch das Auseinanderweichen der Zellen der innern Rinde sich bildende Luftraum sichtbar.

Fig. 6 (250). Querschnitt durch das Ende eines jungen Gabelzweiges niederer Ordnung; von der äusseren Rinde ist nur der innere Theil dargestellt. h Hauptwand.

Fig. 7. Schematische Darstellung der ersten Theilungen auf dem Querschnitt des Wurzelkörpers, unter Annahme einer zweischneidigen Scheitelzelle. h—h die Begrenzungswand der beiden Segmente; 1, 1 die beiden ersten Wände in jedem Segment; 2 die

Wand im mittleren Theile des grösseren Segmentes, wodurch die Anlage des Cambiumcylinders c gebildet wird.

Fig. 8, 9, 10. Querschnitte durch eine ausgewachsene Wurzel nahe der Gabelung; u Luftlücke, durch Zerreissen der innern Rinde entstanden; g Gefässcylinder. Fig. 8 unmittelbar bevor die beiden Gabelzweige sich trennen Fig. 9 etwas weiter grundwärts; die beiden Luftlücken haben sich vereinigt. Fig. 10 noch weiter grundwärts; auch die beiden Gefässcylinder sind verschmolzen, aber die Vasalstränge sind noch getrennt.

Fig. 11 (250). Längsschnitt durch eine äusserlich noch ungegabelte Wurzel, parallel mit der Theilungsebene der Wurzelanlagen zweiter Ordnung (Fig. 1, II) geführt. c—c' Cambiumcylinder der linken Seite; o Epidermis; w Wurzelhaube; y äussere Rinde; z innere Rinde. a – a die zweite Wurzelkappe von aussen, in der Scheitelregion zweischichtig. Die innern Kappen, die Epidermis und die äussere Rinde lassen sich nicht deutlich abgrenzen.

Fig. 12 (25). Längsschnitt wie der vorhergehende mit gleicher Bezeichnung. Die Zellen der innerhalb a - a gelegenen Wurzelkappe sind durch ×, die Zellen der in der Scheitelregion einschichtigen äusseren Rinde durch o bezeichnet.

Fig. 13—17. Theilungsschemen des Cambiumcylinders im Querschnitt gesehen; 1, 2, 3, 4 die aufeinander folgenden Wände.

Taf. XX.

Fig. 1—5. Wurzeln von Pontederia crassipes *Mart.*

Fig. 1 (250). Querschnitt durch eine Wurzel nahe der Spitze. o Epidermis; y äussere Rinde; z innere Rinde; i innerste Schicht der letztern; p—p Pericambiumzellen; d, q, q, e Pericambiumzellen, die zur Wurzelanlage werden; c Cambium.

Fig. 2 und 3 (250). Querschnitte durch wenig ältere Wurzeltheile. z innere Rinde; i innerste Schichte derselben; die die Wurzelanlage bedeckenden Zellen dieser Schichte sind durch × bezeichnet; p Pericambium; h die noch zartwandigen weiten porösen Gefässe; v die Scheitelzelle der Wurzelanlage.

Fig. 4 (300). Längsschnitt durch die Wurzelhaube (w—w'—w) einer jungen noch im Rindengewebe eingeschlossenen Nebenwurzel; i die innerste Rindenschicht, aus der sie entstanden ist.

Fig. 5 (250). Längsschnitt durch eine junge Wurzel, deren Spitze die Epidermis der Mutterwurzel noch nicht durchbrochen hat. w—w' Wurzelhaube. o Epidermis der Wurzel; u Luftgang zwischen der äussern und der innern Rinde.

Fig. 6—13. Oryza sativa *Lin.*

Fig. 6 (250). Querschnitt durch eine Wurzel mit der ersten Anlage für eine Nebenwurzel. z innere Rinde; i innerste Schichte derselben; n, m, m, n die Zellen dieser innersten Schichte, welche die Anlage des Wurzelkörpers e – e umgeben und bedecken. p—p Pericambiumring; demselben gehören die Zellen e—e und die daran anstossenden primordialen Gefässe an.

Fig. 7 (250). Wie Fig. 6 mit gleicher Bezeichnung. Die Wurzelanlage, deren innerste Zellen durch e, q, e bezeichnet sind, ist etwas weiter entwickelt. m die Zellen (hier aus einer einzigen Rindenzelle entstanden), aus denen die Wurzelhaube entsteht. n—n die Zellen, aus denen die basilare Scheide sich bildet. g die primordialen Gefässe.

Fig. 8 (250). Wie Fig. 6 und 7 mit gleicher Bezeichnung.

Fig. 9 (250). Längsschnitt durch eine Wurzelanlage (im Querschnitt der Mutterwurzel gesehen), wenig weiter entwickelt als Fig. 7, — ohne die umgebenden Rinden- und Cambiumzellen gezeichnet. e, q, e die drei innersten Zellen des Wurzelkörpers. k die aus der Endzelle der mittleren Reihe abgeschnittene primäre Kappenzelle. m – m Wurzelhaube. n basilare Scheide.

Fig. 10 (250). Scheitel einer etwas grösseren Wurzelanlage. m—m Wurzelhaube, aus der Rinde entstanden; k—k Kappe, aus der Scheitelzelle entstanden. q centraler

Strang (Cambiumcylinder), dessen Zellen wegen Undeutlichkeit der Anordnung nicht gezeichnet wurden.

Fig. 11 (250). Längsschnitt durch eine noch weiter entwickelte Wurzelanlage (im Querschnitt durch die Mutterwurzel). z—i innere Rinde; i die innersten Zellen derselben. p Pericambium. n die basiläre Scheide. m—m die aus der Rinde entstandene Wurzelhaube; k—k die aus der Scheitelzelle des Wurzelkörpers entstandene Kappe.

Fig. 12 (300). Querschnitt durch den Grund einer noch ganz jungen, im Rindengewebe versteckten Wurzel (im tangentialen Längsschnitt der Mutterwurzel gesehen). n die basiläre Scheide; q—q Cambiumcylinder. B und C zwei Cambiumcylinder von andern Wurzelanlagen, wo die Succession der Wände (1—1, 2—2, 3) noch ganz deutlich ist.

Fig. 13 (300). Querschnitt durch den Grund einer Wurzelanlage (im tangentialen Längsschnitt der Mutterwurzel) von aussen gesehen, — analog der in Fig. 9 im Längsschnitt dargestellten Anlage. — A tiefere Einstellung; man sieht die Pericambiumzellen der Mutterwurzel (p) und die innersten Zellen der Wurzelanlage (a, b, c, d, e, f, g, — die nämlichen, wie e, q, e in Fig. 9). — B höhere Einstellung. n die basiläre Scheide (= n in Fig. 9). a, b, c, d, e, f, g die nämlichen radialen Zellenreihen wie in A.

Taf. XXI.

Fig. 1 (300). Querschnitt durch den Grund einer noch ganz jungen, im Rindengewebe versteckten Wurzel von Oryza sativa, wie Taf. XX Fig. 12. n basiläre Scheide. q—q Cambiumcylinder; derselbe war ursprünglich zweizellig. e entsprechend den Zellen e in Fig. 9 auf Taf. XX.

Fig. 2—5 (250). Querschnitte durch Wurzeln von Lysimachia thyrsiflora mit Wurzelanlagen. i innerste Schichte der innern Rinde; in Fig. 2 sind alle Zellen derselben mit × bezeichnet; m und n die Zellen dieser Schicht, welche die Wurzelanlagen bedecken. q und e die Wurzelanlagen, sie liegen genau vor den primordialen Gefässen (g) und reichen bis zu den innersten Rindenzellen (m und n).

Fig. 6 (250). Wurzelhaube über einer Wurzelanlage, von der Fläche gesehen (im tangentialen Längsschnitt der Mutterwurzel). m, n, m drei Längsreihen von innersten Rindenzellen; aus jeder Reihe hat sich eine Zelle durch Querwände (g und g^1) und Längswände (h) getheilt; vgl. pag. 144.

Fig. 7 (250). Querschnitt durch die Wurzel von Limnanthemum geminatum Griseb. nahe der Spitze. Die Epidermiszellen sind durch × und — bezeichnet, durch — diejenigen, welche sich vor Kurzem durch eine tangentiale Wand getheilt haben, um die Wurzelhaube vergrössern zu helfen. Innerhalb der Epidermis unterscheidet man die äussere und die innere Rinde, letztere durch die radial geordneten Zellen mit den luftführenden Intercellularräumen kenntlich; innerhalb der innern Rinde den Cambiumcylinder.

Fig. 8—12. Psilotum triquetrum.

Fig. 8 (250). Oberflächenansicht des Scheitels eines Rhizoides; Fig. 8 B schematische Darstellung der Theilungen in den Scheitelzellen. Die Bezeichnung in beiden Figuren ist dieselbe. 1—1, 2—2, 3—3, 4—4, 5—5, 6, 7 und 8 sind die 8 letzten schiefen Theilungswände der Scheitelzellen. Man sieht 5 vollständige Segmente, nämlich 2—3—4—4, 3—4—5—5, 4—5—6, 5—7 und das letzte ausserhalb 8.

Fig. 9 (250). Längsschnitt durch das Ende eines Rhizoids; v Scheitelzelle; I, III, IV, VI die letzten Segmente.

Fig. 10. Schematisirte Darstellung eines Längsschnittes wie Fig. 11, nach einem besonders günstigen Präparate. a, b, c, d die jüngsten Segmente; 1, 2, 3 die schiefen Wände in diesen Segmenten zur Bildung von Blattanlagen.

Fig. 11 (250). Längsschnitt durch das Ende eines Rhizoids; v Scheitelzelle desselben; a, b, c die Scheitelzellen der Blattanlagen.

Fig. 12 (250). Oberflächenansicht des Scheitels eines Rhizoids; v, v zwei Scheitelzellen; die eine gehört dem Rhizoid, die andere einer Blatt- oder Astanlage an.

Untersuchungen über den Flechtenthallus

von

Dr. S. Schwendener.

II. Laub- und Gallertflechten (Taf. XXII u. XXIII).

[Schluss.]*)

Raccoblennaceae.

Mit diesem Namen bezeichne ich hier, abweichend von der in der Einleitung gegebenen Zusammenstellung, eine Gruppe von Flechten, welche die Gattungen Raccoblenna, Lecothecium, Micaraea, Pterygium (?) und Porocyphus, dessgleichen das strauchartige Genus Lichina umfasst. Ich glaubte diese Flechten früher den Pannarien anreihen zu müssen, weil sie in der That manche Merkmale mit diesen letzteren, namentlich mit P. triptophylla und den verwandten Arten gemein haben. Neuere Untersuchungen haben mir indess gezeigt, dass die Gonidien der Pannarien mit Rücksicht auf Theilungsweise und Gruppirung (es versteht sich im unveränderten Zustande) merklich von denjenigen der oben erwähnten Gattungen differiren, indem eine eigentliche Kettenbildung als Wachsthumsprozess (und nicht etwa durch theilweise Trennung bei Anwendung von Reagentien) bei den Pannarien nicht vorkommt, dagegen bei den Raccoblenna-artigen Flechten charakteristisch ist. Auch die Veränderungen der Form und des

---

*) Das Manuscript zu folgender Arbeit war ursprünglich für das dritte Heft dieser „Beiträge" bestimmt. Ich habe dasselbe — obschon es nach dem Erscheinen der „Morphologie und Physiologie der Pilze und Flechten" von A. de Bary hie und da eine kleine Kürzung vertragen hätte — im Ganzen unverändert gelassen und nur in Betreff der genetischen Beziehungen zwischen Fasern und Gonidien einige Stellen hinzugefügt. Die Ergebnisse einiger neueren Beobachtungen sind als „Nachtrag" mitgetheilt.

Inhalts, die man an absterbenden Gonidien beobachtet, stimmen nicht ganz überein und deuten dadurch auf eine gewisse innere Verschiedenheit der Typen.*)

Der anatomische Zusammenhang zwischen Fasern und Gonidien ist zwar nicht sehr augenfällig, jedoch bei einiger Aufmerksamkeit leicht nachzuweisen; ob er auf einem genetischen Verhältniss beruht, ist zweifelhaft.

Raccoblenna *Mass.*

Die nachstehende Charakteristik dieser Gattung stützt sich auf die Untersuchung vollkommen übereinstimmender Flechtenexemplare, die ich unter dem Namen Raccoblenna Tremniaca Mass. von den Herren Dr. Hepp und Arnold erhielt.**) Die Hepp'sche Flechte war ein Originalexemplar von Massalongo.

Der gefelderte Thallus bildet ursprünglich, allem Anschein nach, eine zusammenhängende körnige Kruste, welche erst später in Folge von Rissen, die sich auf der Oberfläche bilden, in polygonale Areolen getheilt wird, wie diess auch bei andern krustenartigen Flechten häufig vorkommt. An den untersuchten Exemplaren war indess der peripherische Theil des Thallus, insbesondere der Rand derselben nicht erhalten.***)

Jedes einzelne Stück der Kruste, welches einer Areole entspricht, besteht selbst wieder aus einer Vielzahl von kleinen, vielfach mit einander verwachsenen Schüppchen, von denen die oberflächlichen durch Prolification sich fortwährend vermehren, während die untern allmählich absterben. Darauf beruht das Dickenwachsthum des Thallus.

Die Thallusschüppchen sind durchweg parenchymatisch und die grössern meist deutlich berindet, d. h. zunächst der Oberfläche gonidienlos. Die Rinde besteht aus 1—3 Schichten kleiner, ziemlich dünnwandiger Zellen und erscheint bald durchgehends bald nur auf der einen Seite bläulich oder bläulich-schwärz-

---

*) Wenn die im Nachtrag besprochene Annahme einer Parasitenwucherung sich bestätigt, so dürften die Gonidien der Raccoblennaartigen Flechten einer Phycochrom-grünen Fadenalge aus der Gruppe der Scytonemeen oder Rivularieen, die der Pannarien dagegen einer einzelligen Alge aus der Gruppe der Chroococcaceen angehören.

**) Herr Arnold hatte zu einem der mir mitgetheilten Exemplare die Bemerkung beigefügt: „Von dieser Stelle will ich die Flechte in Fasc. VI meiner Lich. exs. publiciren." Ein anderes Exemplar war mit zahlreichen Apothecien bedeckt. Letztere verhalten sich so ziemlich wie bei Lecothecium Kbr. (Vgl. Kbr. Syst. p. 399) Die Sporen sind zweizellig farblos, 16—18 Mik. lang und c. 6 Mik. breit, zu 8 in elliptisch-keulenförmigen Schläuchen; die Enden der Paraphysen bläulich, oft ziemlich intensiv blau. Das Hypothecium ist stark entwickelt, im mittleren Theil oft dicker als die Lamina proligera, kurzzellig-fibrös, gelblich, gonidienlos; das Excipulum parenchymatisch, braun-violett (in Kali meist schön violett), am Rande mit bogenförmig nach aussen verlaufenden Zellreihen, nach oben das Niveau der Lamina proligera nur wenig oder nicht überragend (daher der Rand von oben gesehen nicht immer deutlich).

***) Bei der auffallenden Uebereinstimmung dieser Gattung mit der folgenden, die ich erst später kennen lernte, ist es mir nachgerade sehr wahrscheinlich, dass auch Raccoblenna einen wahren Protothallus besitzt.

lich. Die Gonidien sind blaugrün, meistens entfärbt; sie erfüllen in ziemlich gleichmässiger Vertheilung, oft längere Ketten bildend, die Maschen des interstitienlosen Parenchyms oder finden sich in der Nähe der Oberfläche in etwas grösserer Zahl als tiefer im Innern.

Die Anordnung der Gonidien erinnert unwillkürlich an die Collemaceen. Man beobachtet nicht selten 15—20 gliedrige geschlängelte oder im Zickzack verlaufende Ketten, die sich von den Gonidienschnüren der Collemaceen nur durch die dünnwandige Hülle und die abweichende Form der Glieder unterscheiden (Taf. XXIII Fig. 13). Es kommt auch häufig vor, dass sich die einzelnen Zellen der Kette, wie bei den Collemen, durch Scheidewände, welche mit den schon vorhandenen annähernd parallel laufen, wiederholt theilen.

Ob dessenungeachtet die ersten Theilungen der Mutterzelle, wie bei den vorhergehenden Gattungen, nach verschiedenen Richtungen des Raumes erfolgen und demnach die Anlage der Ketten auf der früher oder später eintretenden theilweisen Trennung der ersten Theilzellen beruht, bleibt unentschieden; doch scheint mir die Annahme einer solchen Kettenbildung, nach den Gruppirungen zu schliessen, wie sie in Fig. 12 a b c auf Taf. XXIII dargestellt sind, nicht gerade unwahrscheinlich. Die entgegengesetzte Annahme, dass nämlich diese Gruppirungen bloss U förmig verbogene Theile der Ketten darstellen, welche beim Zerreiben oder Quetschen des Präparates frei wurden, liegt allerdings ebenso nahe, da solche Verbiegungen, bei welchen die einander zugekehrten Seitenlinien der Kette sich von Anfang an berühren, in der That hie und da vorkommen, — und sollten weitere Beobachtungen ergeben, dass die im Vorhergehenden angenommene genetische Beziehung zwischen Gonidien und Fasern nicht besteht, der Ursprung der Gonidien folglich ein ganz anderer ist, so dürfte diese letztere Annahme sich als die richtige erweisen.

Die Vermehrung der Ketten, d. h. die Trennung derselben in kleinere Stücke, geschieht entweder durch Absterben einzelner Glieder, oder auch durch Eindringen der Faserzellen zwischen dieselben. Es kommt z. B. nicht selten vor, dass eine U förmig gebogene Stelle in der Mitte unterbrochen wird, so dass das U in zwei getrennte Schenkel zerfällt, welche allmählich weiter auseinander rücken. Die abgestorbenen Gonidienzellen können später, sofern der Inhalt resorbirt wird, von den ungefähr gleich grossen parenchymatischen Faserzellen nicht mehr unterschieden werden.

Lecothecium *Trevis.*

Die einzige mir bekannte Art dieser Gattung: Lecothecium corallinoides (Hoffm.) Körb. wurde mir von Herrn von Krempelhuber in zwei ausgezeichnet schönen und instructiven Exemplaren zur Untersuchung mitgetheilt. Beide besassen einen deutlichen vom Protothallus gebildeten Rand, dessen peripherischer Theil bis auf eine Breite von 1,5—2 Millimeter ziemlich intensiv blau gefärbt war, während der etwas breitere innere Theil eine tiefschwarze Farbe zeigte. Auf dem letzteren waren schon mit blossem Auge einzelne winzig kleine Thal-

lusschüppchen als hellere Punkte bemerkbar; sie nahmen nach innen allmählich an Zahl zu und traten an der Grenze der blau-schwarzen Randzone plötzlich in solcher Menge und Grösse auf, dass sie sich theilweise mit ihren Rändern berührten und nun die bekannte körnigschuppige Lagerkruste bildeten.

Wenn schon diese eigenthümliche Entwicklungsweise zu der Annahme berechtigt, dass man es hier mit einem Protothallus im wahren Sinne des Wortes, d. h. mit einer vorgebildeten Unterlage zu thun habe, auf welcher der Thallus sich aufbaut, so lässt vollends die genauere mikroskopische Untersuchung hierüber keinen Zweifel. Die jungen Thallusschüppchen erscheinen unter dem Mikroscop als soredienähnliche Gebilde, welche den oberflächlichen Fasern des Protothallus aufsitzen und denselben voraussichtlich ihren Ursprung verdanken. Die kleinsten, die ich beobachtete, massen 24—30 Mik. im Durchmesser; sie waren annähernd kugelig und bestanden bereits aus 3 oder mehreren, offenbar durch Theilung aus einer Mutterzelle entstandenen Gonidien, die von einer kurzzellig-fibrösen oder parenchymatischen, meist aus einer einzigen Zellschicht bestehenden Hülle umschlossen waren. Die Fasern, welche diese Hülle bildeten, waren Verästlungen der Protothallusfasern und allem Anschein nach späteren Ursprungs als die Mutterzelle der Gonidien. Ich betrachte es als ziemlich sicher, wenn auch nicht durch direkte Beobachtung bewiesen, dass sich zuerst in bekannter Weise das Gonidium und hierauf die dasselbe umschliessende Hülle bildet. Einmal angelegt, entwickelt sich das junge Thallusschüppchen durch Verästlung der Fasern, durch Theilung und wahrscheinlich auch durch Neubildung von Gonidien weiter (XXIII, 10).

Das Gewebe der jungen Thallusanlagen ist von dem des Protothallus wesentlich verschieden. Der Protothallus besteht aus langzelligen, in vorherrschend radialer Richtung verlaufenden Fasern, deren Membranen mässig verdickt und lebhaft blau gefärbt sind. Sie bilden nur stellenweise ein interstitienloses Gewebe oder dichtfilzige Bündel, an anderen Stellen dagegen ein mehr oder weniger lockeres Geflecht mit zahlreichen grösseren und kleineren Interstitien, in welchen gewöhnlich, wie es scheint, verschiedene einzellige Algen vegetiren. Die jungen Thallusschüppchen dagegen sind vollkommen interstitienlos, kurzzellig-fibrös oder dünnwandig-parenchymatisch, mit farblosen (nur an der Oberfläche schwach gelblich gefärbten) Zellwandungen, im Habitus wie bei Raccoblenna. Eine einzige Zellschicht, die von der Fläche gesehen als ein zierliches Netz erscheint, bildet die Rinde; das ganze Innere ist erfüllt mit gelblichen (durch Phycochrom gefärbten) Gonidien, deren eigenthümliche Gruppen und zickzackförmige Reihen vollkommen mit denen der erwähnten Gattung übereinstimmen und sich durch Druck leicht isoliren lassen (XXIII, 11, 13).

Der Basaltheil der Thallusanlagen ist gewöhnlich noch etwas bläulich gefärbt; bald sind es nur wenige blaue Zellen, bald einzelne Fasern, welche an der Oberfläche des Schüppchens verlaufen oder in das Gewebe eindringen und sich allmählich entfärben, bald der ganze untere Theil des Gewebes. Ob die kleinen ganz blauen Faserknäuel, die man hie und da auf den Protothallusfasern aufsitzen sieht, ebenfalls als Thallusanlagen zu betrachten sind, scheint mir zweifelhaft.

Die Thallusschüppchen zeigen nur ein sehr geringes Marginalwachsthum, sie

vermehren sich dafür um so lebhafter durch Prolificationen. Auf Durchschnitten durch die ältere Kruste beobachtet man oft mehrere Schüppchen übereinander; sie erscheinen sämmtlich rundlich oder länglich, nie viel länger als breit. Neben einander liegende verwachsen nicht selten mit einander und zwar zuweilen so innig, dass die Verwachsungsstelle nur noch durch eine kleine Einkerbung der Oberfläche und die entsprechende Richtung der Zellreihen angedeutet ist. Auf solchen Verschmelzungen scheint die Bildung grösserer, mehrlappiger Ausbreitungen zu beruhen, wie man sie mit der Loupe hie und da beobachtet; wenigstens war diess bei den wenigen, die ich untersuchte, entschieden der Fall.

Das Gewebe der älteren Thallusschüppchen ist durchweg dünnwandig-parenchymatisch, mit ziemlich grossen (8—10 Mik.) isodiametrischen Zellen, zwischen welchen in annähernd gleichmässiger Vertheilung (zunächst der Oberfläche in etwas grösserer Menge als tiefer im Innern) die Gonidien liegen. Letztere waren bei den untersuchten Exemplaren meist durchweg gelb oder grünlich-gelb; doch habe ich sie zu wiederholten Malen auch mit entschieden blaugrüner Färbung beobachtet. Die Rinde besteht aus 1—2 Schichten kleiner Zellen, deren Wandungen auf der Lagerunterseite (wie die der Protothallusfasern) bläulich gefärbt sind.

Die Vermehrung der Thallusschüppchen in der ältern Lagerkruste geschieht übrigens keineswegs ausschliesslich durch Prolification. Man beobachtet auch hier sehr häufig junge Thallusanlagen in den verschiedensten Entwicklungsstadien, welche unmittelbar aus dem Protothallus hervorsprossen und sich zwischen die schon vorhandenen Schüppchen hineindrängen. So werden die vorhandenen Lücken allmählich ausgefüllt: es bildet sich eine zusammenhängende körnige Kruste, die aber später durch das vorwiegende intercalare Wachsthum des Protothallus in Areolen zerrissen wird.

Hieher gehört auch Pterygium centrifugum var. minus Kplhbr. (Arnold Lich. exs. 159), welche Flechte neuerdings als Lecothecium contraversum Anzi erkannt wurde. Das Gewebe stimmt vollkommen mit dem von L. corallinoides überein.

Anmerkung 1. Obschon es hier nicht meine Absicht ist, den Bau und die Entwicklung der Apothecien ausführlicher zu besprechen, so kann ich doch die hierauf bezüglichen Angaben Körber's (Syst. pag. 398), da sie mit meinen Beobachtungen im Widerspruche stehen, nicht unerwähnt lassen. Nach Körber u. A. entstehen die Apothecien aus dem Protothallus, wie denn überhaupt der Ausdruck „apothecia e protothallo oriunda" sich oft genug wiederholt. Die „blaugrünen, meist querwandigen und bisweilen mit Zellkernen (?) versehenen" Protothallusfasern sollen das Excipulum der Früchte bilden, „indem sie sich zu einem maschigen Gewebe verschmelzen." Ich weiss nicht, ob überhaupt je Apothecien aus dem Protothallus entstehen, betrachte es aber als vollkommen sicher, dass dieselben bei Lecothecium in den Thallusschüppchen, nicht im Protothallus, ihren Ursprung nehmen. Durchschnitte durch das Centrum eines jungen Apotheciums von nur 0,25 Millim. Durchmesser zeigten sehr schön, wie die das Excipulum bildenden Fasern im Innern eines Thallusschüppchens entspringen, dann divergirend nach oben verlaufen und unter dem Hypothecium angekommen sich nach aussen und unten wenden, um die Oberfläche des Excipulums überall rechtwinklig zu treffen. Der Zusammenhang mit dem Protothallus reducirte sich auf einzelne Haftfasern, welche die Unterfläche des Excipulums zu beiden Seiten des Thallusschüppchens entsendet hatte.

Der anatomische Bau der Apothecien ist der nämliche wie bei Raccoblenna, ich wüsste wenigstens keinen irgend erheblichen Unterschied anzugeben Die Angabe Körber's dass das Hypothecium Gonidien enthalte, ist unrichtig und beruht wahrscheinlich auf der Verwechslung der grossen Zellen des schlauchbildenden Fasergeflechtes mit Gonidien. Im ausgebildeten Zustande der Apothecien bilden nämlich die Fortsetzungen der Schläuche und Paraphysen nach unten zwei verschiedene, gleichsam in einander geschobene Fasergeflechte, wovon das schlauchbildende sich durch grössere Zellen auszeichnet, die sich mit Jod blau färben. Es ist diess eine ganz allgemeine Erscheinung, die in der Entwicklungsgeschichte ihre Erklärung findet.

Anmerkung 2. Ob Raccoblenna und Lecothecium wirklich generisch verschieden sind, bleibt zu untersuchen; ich möchte es fast bezweifeln. Dessenungeachtet glaubte ich beide um so eher gesondert betrachten zu sollen, als es sich hier um die genaue Beschreibung von Originalexemplaren handelt.

Micaraea *Fr.*

Als Repräsentant dieser Gattung wurde mir von Herrn Dr. Hepp Micaraea prasina Hepp (Eur. 278) mitgetheilt.

Die kleinen Thallusschüppchen sind durchgehends interstitienlos, kurzzellig-fibrös oder parenchymatisch; die Gonidien blaugrün, ziemlich gleichmässig vertheilt, in kleinen Gruppen oder hie und da auch in kurzen Ketten.

Nach diesem Verhalten zu schliessen, gehört die Flechte jedenfalls zu den Raccoblennaceen.

Porocyphus *Kbr.*

Von dieser Gattung kenne ich nur P. areolatus Fr. Die Pflanze stimmt anatomisch mit den vorhergehenden Gattungen überein und gehört unzweifelhaft in diese Gruppe, wo sie wegen ihrer angiocarpischen Natur in die Nähe von Lichina zu stehen kommt.

Ephebaceae.

Eine kleine Gruppe von abnormal gebauten Flechten, welche sich besonders dadurch auszeichnen, dass die Gonidien, welche hier in keinem genetischen Zusammenhang zu den Fasern stehen, in ihrer Gesammtheit ein algenähnliches, durchaus selbstständiges Scheitelwachsthum besitzen und meist geradezu mit gewissen Algentypen übereinstimmen, nämlich: bei Ephebe und deren Verwandten mit Stigonema, bei Ephebella Hegetschweileri mit Scytonema, bei Coenogonium und Cystocoleus mit dem Confervaceen-Typus. Nach neueren Beobachtungen ist es sogar nicht unwahrscheinlich, dass die hier als Flechten bezeichneten Gewächse nichts anderes sind, als die eben genannten Algen in Verbindung mit parasitischen Pilzen, welche dieselben durchwuchern und oft vollständig einhüllen.

Von den oben genannten Repräsentanten dieser Gruppe kenne ich Ephebella

Hegetschweileri nur nach den vorhandenen Darstellungen. Nach de Bary*) liegt hier die Annahme einer Parasitenwucherung um so näher, als der in Wasser liegende Thallus genau mit Scytonema übereinstimmt und überdiess die nach Erwärmen in Kali hervortretenden farblosen Fasern nur die gallertartige Scheide durchwuchern, ohne je zwischen die grünen Zellen einzudringen. — Ich möchte namentlich auf den erstern Umstand, nämlich auf die genaue Uebereinstimmung mit einer bekannten und noch dazu sehr characteristischen Algengattung vorzugsweise Gewicht legen.

Ephebe *Fr.***)

Ephebe pubescens Fr., die bekannteste Art der Gattung, ist eine jener Pflanzen, welche schon durch die vielfachen Täuschungen, zu denen sie Veranlassung gegeben, unser Interesse erregen. Von den älteren Autoren als Lichen pubescens beschrieben, jedoch öfters verwechselt mit Cornicularia lanata Ach. und andern ähnlich aussehenden Flechten, wurde sie in der Folge bald zu den Algen, bald zu den Flechten gezählt und von Hoffmann bis auf Schaerer unter neun verschiedenen Gattungsnamen aufgeführt. Ausgezeichnete Lichenologen wie v. Flotow, welcher die Gattung Ephebe monographisch bearbeitete, schrieben derselben noch im Jahre 1850 „apothecia scutellata s. biatorinea" zu, die sie jedenfalls nicht besitzt; andere vertheilten ächte und unächte Exemplare, bunt durcheinander gemischt, mit der nämlichen Etiquette. Kützing, welcher nur die sterile Pflanze kannte, nahm dieselbe als Stigonema atrovirens in seine „Tabulae phycologicae" auf, wovon die betreffende Lieferung im Jahr 1851 erschien. Seitdem wurde sie von Bornet, Stizenberger, Hepp und Nylander genauer untersucht, — und noch hat die Verwirrung kein Ende. Die in den Thallus eingesenkten Apothecien, welche Bornet (Ann. sc. nat. 3. XVIII) beschrieb und abbildete, wurden von Stizenberger (Hedwigia 1858 Nr. 1) für Parasiten erklärt, welcher Ansicht Hepp in seinen Sporenabbildungen (III Taf. LXXXI) beistimmte. Dagegen bestätigt Nylander (Syn. p. 90) die Angabe Bornet's und bringt die Pflanze in die Nähe von Lichina. Unter solchen Umständen ist die Frage, ob Ephebe pubescens zu den Flechten oder zu den Algen gehöre, immer noch als unentschieden zu betrachten.

Es ist in der That nicht leicht möglich, aus den oben citirten Arbeiten, wenn man die verschiedenen Darstellungen kritisch beleuchtet, eine bestimmte Ansicht zu gewinnen. Sehen die Thallusenden wirklich so aus, wie sie von Bornet, Hepp und Nylander dargestellt wurden, so beruht das Längenwachsthum auf der unbegrenzten Quertheilung der Scheitelzelle, und das intercalare Wachsthum auf der Theilung der Gliederzellen, welche zunächst in der Längs- und Querrichtung, später in den verschiedensten Richtungen des Raumes stattfindet. Eine solche

---

*) Hofmeister's Handb. der physiol. Bot. II p. 269.

**) Die folgenden Mittheilungen über Ephebe habe ich im Auszuge bereits in Flora 1863 veröffentlicht.

Wachsthumsweise kommt aber nur bei den Algen vor, sie ist von derjenigen der Flechten principiell verschieden. Man kann daher geradezu sagen, die von Bornet gegebene Abbildung stelle eine Alge mit einem Flechtenapothecium dar — eine Mittelstufe, die à priori einige Bedenken erregt. Auf der andern Seite erscheint die von Stizenberger und Hepp ausgesprochene Ansicht nicht hinlänglich begründet; sie stützt sich bloss auf die Analogie und den bekannten mikroskopischen Habitus der sterilen Pflanze und lässt sich überdiess kaum auf die Pycniden ausdehnen.

Ich hoffe, diese Widersprüche durch die folgende Darstellung der Verhältnisse gelöst und den endgültigen Nachweis geleistet zu haben, dass Ephebe pubescens, sofern es überhaupt eine selbstständige Pflanze ist, zu den Flechten und nicht zu den Algen gehört. — Die Pflanze, die ich untersuchte, ist ein fructificirendes Nylander'sches Originalexemplar, das mir von Herrn Arnold freundlichst mitgetheilt wurde.

Beobachtet man die Thallusenden bei mässiger Vergrösserung in Wasser, so scheinen sie im Allgemeinen mit den oben erwähnten Abbildungen übereinzustimmen. Die Scheitelregion besteht in der Regel aus einer einfachen Zellreihe, einer Scheitelzelle und darauf folgenden Gliederzellen. In den letzteren treten in grösserer oder kleiner Entfernung vom Scheitel zunächst Längswände, dann quer und schief verlaufende Wände auf, worauf die Theilung nach verschiedenen Richtungen fortschreitet. — Kocht man jedoch die Thallusenden in Kali, so erleidet das Bild wesentliche Veränderungen. Die oben erwähnte Zellreihe erscheint jetzt umschlossen von zarten Fasern, welche auf der Aussenfläche der Zellen von unten nach oben verlaufen und wovon die längsten (2—5 oder auch 6—10 und darüber) bis zur Scheitelzelle hinaufsteigen, oft sogar über derselben zusammen neigen (XXIII, 15). Diese Fasern sind deutlich gegliedert, die einzelnen Zellen 8—10 Mik. lang und in einiger Entfernung vom Scheitel hie und da verzweigt. Je weiter wir nach unten fortschreiten, desto grösser wird ihre Zahl, desto unregelmässiger der Verlauf. An Zweigen, die c. 40 Mik. Dicke erreicht haben, beobachtet man bei höchster Einstellung bereits ein förmliches Netz von Fasern, die sich in den verschiedensten tangentialen Richtungen kreuzen und verflechten, so dass der ursprüngliche longitudinale Verlauf oft kaum noch der vorherrschende genannt werden kann. Dabei treten die Verästlungen verhältnissmässig häufiger auf; einzelne Faseräste dringen schon frühzeitig (beispielweise bei einem Abstand von 45 Mik. vom Scheitel, bei weniger schlanken Enden oft schon in unmittelbarer Nähe der Spitze) zwischen die grösseren, aus der centralen Reihe hervorgegangenen Theilzellen ein und wachsen dann in vorherrschend longitudinaler Richtung weiter.

Wir begegnen also auch hier schon in der Stammspitze den nämlichen zwei Zellformen, welche überhaupt das Flechtengewebe charakterisiren: den Fasern und Gonidien. Denn dass die grössern centralen Zellen wirklich als Gonidien zu betrachten sind, ist nach ihrem Verhalten im ältern Thallus über jeden Zweifel erhaben. Das Eigenthümliche derselben besteht nur darin, dass sie in der Scheitelregion sich nach einem andern Gesetze theilen, als weiter unten im Thallus,

dass sie gleichsam einen Stigonemafaden darstellen, dessen Spitze in Begleitung schützender Fasern, die sie umschliessen, selbstständig weiter wächst.

Entsprechend diesem Verhalten der Thallusenden beobachtet man auf Querschnitten, die in der Nähe der Spitze geführt wurden, ein oder mehrere Gonidien, umgeben von einem Kreis kleiner Zellhöhlungen, den Lumina der quergeschnittenen Fasern (XXIII, 14 a, b). Die Gonidien schliessen sich ursprünglich dicht an einander an, wie sich bei ihrer Entstehung durch Theilung der von der Scheitelzelle abgeschnittenen Gliederzellen nicht anders erwarten lässt. Später, wenn sich die Theilzellen in den Ecken abzurunden beginnen und die Verästlungen der Fasern zwischen dieselben eingedrungen sind, erscheinen sie hie und da durch die nämlichen kleinen Zellhöhlungen, die man am Umfange wahrnimmt, von einander getrennt. Die Querschnitte erhalten dadurch ein verändertes Aussehen, das um so mehr an andere strauchartige Flechten erinnert, je grösser die Zahl der eingedrungenen Fasern. Die lebhafte Verästlung der letzteren hat zur Folge, dass das fibröse Gewebe im Innern des Thallus sehr bald die Oberhand gewinnt und die Gonidien vorzugsweise auf den peripherischen Theil zurückdrängt. Viele derselben kommen im ältern Thallus unmittelbar an die Oberfläche zu liegen, indem hier die Verzweigung der Fasern in tangentialer Richtung mit der Vergrösserung der Fläche nicht gleichen Schritt hält, so dass die tiefer liegenden Zellen bloss gelegt werden. Es stimmt also nicht ganz mit der Wirklichkeit überein, wenn man dem entwickelten Thallus eine Rindenschicht zuschreibt, da er eine solche nur stellenweise oder fast gar nicht besitzt. Ebenso wenig kann von einer besonderen Gonimonschicht die Rede sein, indem die Gonidien, obgleich zunächst der Oberfläche in grösserer Zahl vorhanden, doch auch im Centrum niemals ganz fehlen.

Als eine wesentliche Eigenschaft des Gewebes, die schon für sich allein die Verwandtschaftsbeziehungen der Pflanze verräth, verdient hervorgehoben zu werden, dass dasselbe durchgehends interstitienlos erscheint, was sonst unter den strauchartigen Flechten nur bei Lichina der Fall ist. Der anatomische Habitus desselben ist im jugendlichen Zustande, so lange die Fasern im Verhältniss zur Länge der Zellen dünn sind, entschieden fibrös; später, nachdem die Lumina sich beträchtlich erweitert haben, erhält es ein mehr parenchymatisches Aussehen. Doch lassen sich auch im entwickelten Thallus die quer oder schief geschnittenen Fasern leicht von solchen unterscheiden, die in der Ebene des Schnittes verlaufen.

Die Gonidien besitzen, wie es scheint, unbegrenzte Theilungsfähigkeit. Sie bilden (abgesehen von der Scheitelregion) rundliche Gruppen, welche durch die zwischen die ältern Generationen eindringenden Fasern fortwährend in kleinere getheilt werden (XXIII, 16, 17). Eine Neubildung von Gonidien habe ich nirgends beobachtet; sie kommt auch, da in der Thallusspitze jedenfalls nur Theilung stattfindet, wahrscheinlich nicht vor. Auch bei der Bildung neuer Thallusanlagen durch Soredien ist eine solche nicht anzunehmen, da dieser Vorgang von der gewöhnlichen Zweigbildung an ältern Gliedern nicht wesentlich verschieden sein kann. Demnach ist die Neubildung, sofern sie überhaupt je stattfindet, auf die

Fälle beschränkt, wo die Entwicklung von der Spore ausgeht, was bekanntlich nur selten vorkommt.

Die Farbe der Gonidien ist im Wasser braungelb; sie nimmt beim Erhitzen in Kali einen braunrothen oder braun-orangefarbigen Ton an und geht nach Zusatz von Säuren im Ueberschuss in ein helles grünliches Gelb über. Diese Veränderlichkeit deutet darauf hin, dass die Gonidien zu den blaugrünen (durch Phycochrom gefärbten) zu zählen sind, welche Annahme überdiess durch die Theilungsweise und Gruppirung derselben gerechtfertigt erscheint.

Der in die Membranen eingelagerte braungelbe Farbstoff wird durch Erhitzen in Kali vollständig ausgezogen. Behandelt man nun das farblos gewordene Gewebe nach vorhergegangenem Auswaschen mit Jodlösung, so färben sich im ältern Thallus und in den dickern Zweigen die Gonidienmembranen intensiv blau, während die Fasermembranen farblos bleiben (XXIII, 16). In den jüngern Enden dagegen, wo die Fasern als feine Kanäle in der homogenen Membransubstanz erscheinen, nimmt die letztere bis an die Oberfläche die nämliche indigoblaue Färbung an. Aus diesem Verhalten ohne Weiteres den Schluss zu ziehen, dass wirklich die Fasermembranen hier blau gefärbt seien, scheint mir jedoch keineswegs gerechtfertigt. Ich halte es für wahrscheinlicher, dass sie bloss unmessbar dünn und in die Gallerthülle der Gonidien eingebettet sind. Damit stimmt denn auch der Umstand überein, dass der Umriss der Scheitelregion sich oberhalb der Faserenden und um das Scheitelgonidium herum ohne Absatz fortsetzt, und die Gallerthülle selbst in ihrem ganzen Umfange, auch wo sie keine Fasern einschliesst, ungefähr dieselbe Dicke besitzt.

Die von Fasern durchsetzten Gonidiengruppen, die im entwickelten Thallus, wie bereits bemerkt, unmittelbar an der Oberfläche liegen und die Unebenheiten derselben bedingen, brechen zuweilen als Soredien hervor und bleiben theilweise an der Durchbruchsstelle haften. An dem untersuchten fructificirenden Exemplar waren sie ziemlich spärlich vorhanden; um so zahlreicher mögen sie an solchen Standorten auftreten, wo sie voraussichtlich die einzigen Fortpflanzungsorgane sind.

Die Verästlung des Thallus beruht auf der Bildung von Adventivästen oder auf Gabelung. Letztere habe ich übrigens nur an solchen Enden beobachtet, bei welchen die Gonidien ausnahmsweise auch in der Spitze Gruppen bildeten, wo also ein Scheitelgonidium nicht vorhanden war. Es ist einleuchtend, dass in diesem Falle jede beliebige Theilzelle in der Krümmung des Scheitels den Ausgangspunkt für die normale Vegetationsweise, d. h. die Basalzelle eines Astes bilden kann. Ganz dasselbe gilt von den peripherischen Theilzellen in beliebiger Entfernung von der Stammspitze, sie wachsen in gleicher Weise zu Adventivästen aus (vgl. XXIII, 22).

Die oben erwähnte Thatsache, dass Gonidien und Fasern zwei getrennte Systeme bilden, die keinerlei genetische Beziehung zu einander haben, gestattet mit Rücksicht auf den Entwickelungsgang von Ephebe zweierlei Deutungen. Es wäre erstens möglich, dass die Neubildung von Gonidien auf die ersten Entwicklungsstadien bei der Keimung der Spore beschränkt bliebe. Jede neugebildete grüne Zelle würde sich sofort in eine Scheitelzelle und eine Gliederzelle theilen

und hiemit den Aufbau des Thallus einleiten, in welchem fortan keine weitere Neubildung mehr stattfände. Gleichzeitig würde die Stielzelle oder die benachbarten Zellen des Protothallus die begleitenden peripherischen Fasern erzeugen. — Diese Annahme erschien mir um so plausibler, als die Neubildung der Gonidien auch bei den übrigen Flechten gegen die Vermehrung derselben durch successive Theilungen meist sehr zurücktritt, ja bei vielen nicht einmal direkt nachgewiesen ist*); desshalb wurde dieselbe den vorstehenden Mittheilungen (und ebenso den hiemit übereinstimmenden in Flora 1863) zu Grunde gelegt.

Eine zweite Möglichkeit, die ich früher unberücksichtigt liess, weil sie mir etwas abenteuerlich vorkam, die mir aber gegenwärtig, nachdem sich analoge Vorstellungen auch anderwärts aufdrängen, aller Beachtung werth zu sein scheint, ist die, dass Ephebe und die verwandten Gattungen keine selbstständigen Pflanzen sind, sondern von Pilzen durchwucherte Stigonema-Fäden. Diese Möglichkeit wurde neuerdings von de Bary**) betont, welcher zu Gunsten derselben die allerdings höchst interessante Beobachtung anführt, dass manchmal unzweifelhafte Stigonema-Exemplare (de Bary gebraucht die Bezeichnung Sirosiphon) von den Ephebefäden als Zweige entspringen. Wenn sich diese Beobachtung bestätigt, was ich meinerseits nicht bezweifle, dann gewinnt die in Rede stehende Annahme einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit.

Spilonema *Bornet.*

Spilonema paradoxum wurde erst von Bornet (Ann. soc. sc. nat. de Cherbourg IV p. 226) genauer untersucht und als Repräsentant einer neuen Gattung erkannt, die zwar im Thallus mit Ephebe pubescens übereinstimmt, aber durch ihre gymnocapischen Früchte sich wesentlich von dieser unterscheidet. Ein authentisches Exemplar dieser Flechte wurde mir von Herrn v. Krempelhuber mitgetheilt.

Die Thallusenden verhalten sich in der That genau wie bei Ephebe, so dass dieselben Zeichnungen für die eine wie für die andere Pflanze gelten können. Nur schien mir die Zahl der Fasern, welche die centrale Gonidienreihe umschliessen, bei Spilonema durchschnittlich etwas kleiner zu sein; auch kommt es hier häufig vor, dass die längsten derselben nicht bis zur Scheitelzelle hinaufgehen, sondern schon bei der 3ten oder 4ten Gliederzelle unterhalb derselben endigen (XXIII, 22). Man sieht dann aufs deutlichste, dass die gallertartige, beim Erhitzen mit Kali stark aufquellende Hülle der Thallusenden von den Gonidien-Membranen, und nicht von den Fasermembranen, gebildet wird.

Im Uebrigen stimmt der Thallus, abgesehen von den kleinern Dimensionen, genau mit dem von Ephebe überein.

---

*) Streng genommen ist die Neubildung der Gonidien, d. h. das allmähliche Werden derselben als seitliche Ausstülpungen der Faserzellen nirgends direkt beobachtet, sondern stets nur aus anatomischen Verhältnissen im fertigen Zustande erschlossen.

**) Hofmeisters Handb. der physiol. Bot. II pag. 291.

Gonionema *Nyl.*

Die Thallusenden verhalten sich genau wie bei Ephebe, stimmen also mit Fig. 15 auf Taf. XXIII überein. Der ältere Thallus erreicht, wie bei Spilonema, nur eine geringe Dicke und stirbt im Innern des Lagerpolsters von unten nach oben allmählig ab. Die dicksten Stämmchen, die ich gesehen, hatten 60—70 Mik. im Durchmesser; sie bestanden aus einem interstitienlosen, ziemlich grosszellig parenchymatischen Gewebe, in welchem die zahlreichen Gonidien meist undeutliche Querzonen bildeten. Mit Rücksicht auf die Vermehrung der Gonidien, die Verästlung des Thallus und das chemische Verhalten der Membranen herrscht vollkommene Uebereinstimmung mit Ephebe und Spilonema.

Die untersuchte Pflanze, die ich der Güte des Herrn v. Krempelhuber verdanke, ist G. velutinum Ach. (Nyl. Syn. p. 88).

Coenogonium *Ehrenbg.*

Ueber diese vom gewöhnlichen Flechtentypus wesentlich abweichende Gattung hat in neuester Zeit Karsten (das Geschlechtsleben der Pflanzen und die Parthenogenesis p. 42) Untersuchungen veröffentlicht, welche in hohem Grade geeignet waren, das botanische Publikum zu überraschen. Es war mir daher sehr erwünscht, fructificirende Exemplare dieser Pflanze aus dem k. Herbarium in München zur Untersuchung benutzen zu dürfen, um so mehr, als mir die angeführten Thatsachen von vorn herein einige Zweifel eingeflösst hatten. Meine Beobachtungen stimmen nun zwar, was die vegetativen Organe betrifft, mit der Darstellung Karstens im Allgemeinen überein, stehen dagegen mit seiner Entwicklungsgeschichte der Apothecien in allen wesentlichen Punkten im Widerspruch. Das Nähere hierüber mitzutheilen behalte ich mir jedoch für eine andere Gelegenheit vor; hier beschränke ich mich auf eine kurze Beschreibung der Vegetationsorgane.*)

---

*) Ueber die Entwicklungsgeschichte der Apothecien habe ich inzwischen eine kleine Abhandlung in Flora 1862 veröffentlicht. Die wichtigsten Ergebnisse meiner Untersuchungen lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen: 1) Die Apothecienanlagen stimmen in ihren ersten Entwicklungsstadien mit jungen Astanlagen überein. Es ist unrichtig, dass sie eine „freie kuglige Centralzelle“ enthalten, welche rings von der zelligen Hülle umschlossen sein soll. Diese „Centralzelle“ ist nichts anderes als der junge Ast, der gewöhnlich aus 1–2 Zellen besteht, und mit der Basis, wie immer, der Stammzelle aufsitzt. 2) Es ist unrichtig, dass sich durch „Lostrennung der Tüpfelzellen“ Löcher in der Hülle bilden, welche die „Centralzelle“ umschliesst. Es erfolgt weder eine Lostrennung von Zellen, noch bilden sich irgend welche Löcher in der zelligen Hülle. 3) Von einer Befruchtung der „Centralzelle“ kann daher selbstverständlich nicht die Rede sein, auch habe ich nie Faseräste mit Erweiterungen beobachtet, welche etwa als männliche Organe gedeutet werden könnten. 4) Die ganze Darstellung der Entwicklungsgeschichte des Hymeniums aus der „freien Centralzelle“ entbehrt jeder thatsächlichen Begründung. Die Apothecienanlage besteht, wie gewöhnlich, aus einem dicht geflochtenen kugeligen Faserknäuel, der in seinem Basaltheil den oben erwähnten, aus Gonidienzellen bestehen-

Der Thallus besteht aus vielfach verästelten Fäden, welche zu einem lockern Filzgewebe von meist fächerförmigem Gesammtumriss verflochten sind. Jeder einzelne dieser Fäden erscheint aus zwei verschiedenen Arten von Zellen gebildet: aus einer centralen Reihe von grösseren, cylindrischen Zellen, welche für sich allein eine confervenartige Pflanze bilden würden, und aus peripherischen zarten Fasern, welche diese centrale Reihe umspinnen (XXIII, 18, 19 Längsansicht und Querschnitt). Erstere enthalten grün tingirtes Plasma und entsprechen daher den Gonidien; letztere stimmen vollkommen mit gewöhnlichen Flechtenfasern überein.

Die Gonidienzellen waren im peripherischen Theil der untersuchten Exemplare 5—10, im älteren Thallus 16—18 Mik. dick, und durchschnittlich etwa 3—4 mal so lang (XXIII, 20, 21). Ihre Membranen färben sich nach Erhitzen in Kali und Zusatz von Jodtinctur schön blau, während die Fasermembranen farblos bleiben.

Das Wachsthum der Gonidienreihen geschieht durch wiederholte Theilung der Scheitelzelle und durch Ausdehnung und Verästlung der Gliederzellen; eine Theilung der letzteren findet, wie mir scheint, nicht statt. Die Aeste gehen meist rechtwinklig von den Stammzellen ab und bilden sich sowohl in der Mitte als an den Enden derselben.

Die peripherischen Fasern sind durchschnittlich 3—4 Mik., die jüngsten in der Nähe der Thallusränder etwa 1—2 Mik. dick. Sie verlaufen in vorherrschend longitudinaler Richtung bis zur Wölbung der Scheitelzelle und sind durch zahlreiche Anastomosen mit einander verbunden. Hie und da gehen einzelne Faseräste rechtwinklig ab (XXIII, 18), um sich an benachbarte Thallusfäden anzusetzen. Die einzelnen Faserzellen sind gewöhnlich 2 bis mehrere Mal so lang als dick, bei älteren Fäden mit deutlich doppelt conturirten Membranen. Die Hülle, die sie um die Gonidienzellen bilden, erscheint bald lockerer, bald dichter geflochten, besteht indess meist nur aus einer einzigen Zellschicht.

Exemplare aus Panama (von M. Wagner gesammelt), sowie solche aus Brasilien und Guyana, welche mir von Herrn v. Krempelhuber mitgetheilt wurden, verhielten sich gleich.

Cystocoleus *Thwaites.*

Eine unter dem Namen Racodium Fr. längst bekannte Pflanze, deren Bau jedoch erst von Thwaites (Ann. Mag. nat. hist. 2. Ser. Vol. III.) richtig beschrieben und abgebildet wurde. (Man vergleiche das kurze Referat von de Bary in Hofmeisters Handbuch der physiol. Bot. II. p. 270). Nach Thwaites und meinen eigenen übereinstimmenden Beobachtungen an „Racodium rupestre“

---

den, kurzen Ast umschliesst. Sie behält in der Regel bis zu einem Durchmesser von 100—150 Mikr. und darüber annähernd Kugelform bei und zeigt in diesem Stadium noch keine Spur von Hymenium. Letzteres wird erst später, nachdem eine Annäherung an die ausgebildete Form stattgefunden, angelegt und zwar nicht etwa im Innern, sondern an der obern Fläche durch Hervorsprossen paralleler Fasern.

stimmt der sterile Thallus im Wesentlichen mit demjenigen von Coenogonium überein. Er besteht, wie bei dieser letztern Gattung, aus einer centralen Reihe gestreckt-cylindrischer Zellen mit farbloser Membran und blassgrünem, wie mir scheint durch Chlorophyll gefärbtem Inhalt; die Verlängerung desselben geschieht durch Spitzenwachsthum, die Verzweigung durch wahre Astbildung nach dem Typus der Confervaceen. Die Faserhülle, welche die centrale Zellreihe umschliesst, besteht hier nur aus 5 — 6, seltener 7 oder auch nur 4 längsverlaufenden, bis zur Spitze hinauf reichenden Zellfäden mit farblosem Inhalt und brauner Membran; dieselbe ist aber trotz der geringen Zahl von Zellfäden durchgehends interstitienlos. Die braune Färbung der Membran beschränkt sich, wie man an zarten Querschnitten deutlich sieht, auf die Aussen- und Seitenwände; die Scheidewände zwischen den peripherischen und den centralen Zellen sind farblos.

Wegen der geringen Löslichkeit des braunen Farbstoffes, welcher selbst den stärksten Reagentien längere Zeit widersteht, geschieht die Untersuchung der Pflanze am besten mittelst zarter Quer- und Längsschnitte, welche nach dem Eintrocknenlassen in Gummi leicht zu erhalten sind.

Die Gallertflechten.

Mit dem Ausdrucke Gallertflechten pflegte man früher nur eine verhältnissmässig kleine Sippe von Lichenen zu bezeichnen, welche sämmtlich durch eine sehr augenfällige Quellungsfähigkeit ihrer Substanz charakterisirt sind. Die neuere Zeit hat hiezu noch eine Reihe anderer, zum Theil neu entdeckter Gattungen gefügt, welche zwar den ursprünglichen Repräsentanten der Sippe systematisch mehr oder minder nahe stehen, dabei jedoch den gallertartigen Habitus in viel geringerem Grade oder auch gar nicht besitzen. Die Verwandtschaft zwischen den neu hinzu gekommenen und den typischen Gallertflechten beschränkt sich in manchen Fällen einzig und allein auf die Interstitienlosigkeit des Gewebes (eine Eigenthümlichkeit, die man hie und da auch bei Laub- und Krustenflechten vorfindet), indess wichtige anatomische Merkmale auf eine viel nähere Verwandtschaft mit andern Flechtengruppen hindeuten.

Aus diesem Grunde habe ich die vorhergehenden Gattungen, welche man sonst den Gallertflechten beizuzählen pflegt, schon in der Einleitung mit den Pannariaceen vereinigt und sodann im Anschluss an die Gattung Pannaria der Reihe nach besprochen. Hier folgen also nur noch die ursprünglichen Repräsentanten der Gallertflechten, sowie diejenigen neueren Gattungen, welche sich systematisch nicht davon trennen lassen.

Die Eigenthümlichkeiten dieser Flechten, die bekanntlich auf den ersten Blick auch in den mikroskopischen Merkmalen sehr auffallend gegen die übrigen Lichenen abstechen, lassen sich im Wesentlichen auf zwei Punkte zurückführen; diese sind 1) das Verschmelzen der gallertartig-verdickten Membranen (besonders der Gonidien, hie und da aber auch der Faserzellen) zu einer homogenen Pulpa

2) die abweichende und höchst charakteristische Theilung der Gonidien. Andere Merkmale, wie z. B. die gleichmässige Vertheilung der Gonidien im Markgewebe oder im ganzen Thallus (Thallus homoeomericus) sind nicht charakteristisch, weil sie auch anderen Flechten aus verschiedenen Abtheilungen, die sich systematisch ferne stehen, hie und da zukommen.

Ueber den ersten Punkt, die Art und Weise nämlich, wie die allmähliche Verdickung und Verschmelzung der Membranen vor sich geht, bieten namentlich die Gonidienhüllen der Omphalarien belehrende Anhaltspunkte. Die kugelförmigen Gruppen der Gonidien, welche durch wiederholte Theilung der Mutterzellen entstehen, bleiben hier nämlich längere Zeit von der Membran dieser letztern umschlossen. Allmählig werden sodann die Conturen derselben immer undeutlicher; sie erscheint bisweilen nur stellenweise noch deutlich abgegrenzt und verschmilzt endlich vollständig mit der umgebenden Gallerte. Ganz dasselbe beobachtet man auch bei den Membranen der späteren Generationen; sie gehen successive in eine structurlose Pulpa über, genau in derselben Weise, wie es bei den einzelligen Algen mit gallertartigen Membranen der Fall ist.

Bei den Gattungen mit Gonidienketten lässt sich dieser Vorgang weniger leicht verfolgen, da die Membranen gewöhnlich gar keine deutlichen Umrisse zeigen. Doch gelingt es bisweilen, wenigstens die Dicke der ganzen (aus den Membranen der verschiedenen Generationen bestehenden) Hülle zu messen, welche den grünen Zellinhalt umgibt. Kocht man nämlich grössere Knäuel von verschlungenen Gonidienketten in Kali oder in einer verdünnten Säure (z. B. Salpetersäure) und zerdrückt alsdann das Präparat mit dem Deckgläschen, so trennen sich die Ketten gewöhnlich in der Weise von einander, dass jede ihre eigene Membran behält (Taf. XXII Fig. 7). Die Dicke der letzteren beträgt dann circa 4—5 Mik., was dem Durchmesser des Lumens ungefähr gleichkommt.

Sind die Membranen zunächst der Oberfläche gelblich gefärbt, wie bei Lempholemma und manchen Arten von Collema, so erscheinen die Gonidienhüllen hier auch ohne Anwendung von Reagentien oft deutlich conturirt und zuweilen sogar zart geschichtet. Die peripherischen Schichten sind dann immer stärker gefärbt als die innern. Auch in der farblosen Pulpa des Thallus beobachtet man hie und da Spuren von Schichtung (Taf. XXIII Fig. 2).

Die gallertartige Verdickung der Membranen lässt luftführende Zwischenräume im Innern des Thallus nicht zu Stande kommen; das Gewebe ist daher durchgehends vollkommen interstitienlos. Man überzeugt sich hievon sehr leicht, wenn man Durchschnitte durch den trockenen Thallus in Oel (z. B. in Citronen-Oel) beobachtet. Dieselben erscheinen in ihrer ganzen Ausdehnung hell, und nur in den Höhlungen der Faserzellen beobachtet man hie und da eine kleine Luftblase.

Die Theilung der Gonidien betreffend, bemerke ich nur, dass sie bei den Collemaceen immer in derselben Richtung stattfindet, so dass vielgliedrige Gonidienketten entstehen (Taf. XXII Fig. 3, 4), bei den Omphalariaceen dagegen abwechselnd nach zwei oder drei auf einander senkrecht stehenden Richtungen was die Bildung kugelförmiger Gonidiengruppen zur Folge hat (Taf. XXIII Fig. 4 d).

Das Nähere über diesen Theilungsvorgang soll bei den einzelnen Gattungen mitgetheilt werden.

Die Farbe der Gonidien ist ein mehr oder minder bläuliches Grün; sie rührt jedenfalls von einem Farbstoff her, der sich vom Chlorophyll wesentlich unterscheidet, dagegen mit dem Phycochrom der Chroococcaceen und Nostochaceen — nach seinem Verhalten gegen Säuren und Alkalien zu schliessen — identisch sein dürfte. Genauere Untersuchungen hierüber habe ich nicht angestellt.

Der anatomische Zusammenhang zwischen Gonidien und Faserzellen ist bei den Omphalariaceen in der Regel sehr augenfällig und jedenfalls immer leicht nachzuweisen, wird dagegen bei den Collemaceen, d. h. bei den Gallertflechten mit Gonidienschnüren, leicht übersehen. Die meisten Autoren stellen ihn hier geradezu in Abrede; auch de Bary gibt an, dass er meine hierauf bezüglichen Mittheilungen nicht bestätigen könne. Dessenungeachtet habe ich mich noch neuerdings (November 1866) wiederholt davon überzeugt, dass ein anatomischer Zusammenhang zwischen Fasern und Gonidien hie und da thatsächlich besteht, wenn auch zugegeben werden muss, dass derselbe allem Anscheine nach nur selten vorkommt. Am leichtesten findet man ihn bei stark gelatinösen Arten, wie z. B. bei C. granosum, pulposum u. dgl., indem man Durchschnitte durch den Thallusrand oder auch durch die häufig vorkommenden Prolificationen in Wasser kocht (um eine möglichst starke Quellung hervorzurufen, ohne die Deutlichkeit der Zeichnung zu beeinträchtigen) und hierauf unter Anwendung eines mässigen Druckes auf das Deckgläschen aufmerksam durchmustert. Der Zusammenhang besteht gewöhnlich in der Art, dass ein kurzer Faserast sich seitlich an die Gonidienkette, und zwar meistens in der Nähe einer Scheidewand, ansetzt und mit ihr verwachsen erscheint, ohne dass jedoch irgend eine weitere Veränderung der betreffenden Gonidien bemerkbar wäre. In selteneren Fällen, und zwar vorzugsweise in der Marginalregion und in lebhaft vegetirenden Prolificationen, glaubte ich früher auch Verbindungen wie die auf Taf. XXII Fig. 3 dargestellte beobachtet zu haben; es wäre jedoch möglich, dass hier bezüglich der Art und Weise des Ansatzes (nicht aber des Zusammenhanges überhaupt) irgend eine Täuschung obgewaltet hätte, indem z. B. die unterhalb der seitlichen Copulationsstelle befindlichen Gonidien abgeschnitten oder abgestorben sein konnten u. dgl.*) Bei meinen neueren Beobachtungen, die ich freilich nicht so lange fortsetzte wie früher, habe ich dergleichen Verbindungen nicht wiedergefunden.

Wie dem auch sein mag, die Thatsache eines hie und da bestehenden anatomischen Zusammenhanges zwischen Gonidien und Fasern kann nicht bestritten

---

*) Abgestorbene Gonidien sehen oft täuschend ähnlich aus, wie kurze Faserzellen, und können, wenn sie nach unten umgebogen sind, leicht übersehen werden. Der Winkel, welchen der Faserast mit der Gonidienkette bildet, bietet keinen sichern Anhaltspunkt, da er durch das Kochen und Quetschen des Präparates jedenfalls mehr oder weniger verändert wird.

werden. Eine andere Frage aber ist es, ob dieser Zusammenhang, wenigstens zum Theil, auf eine genetische Beziehung der Gonidien zu den Fasern hinweise, wie ich diess früher glaubte annehmen zu dürfen, oder ob man es immer nur mit Copulationen zu thun habe, welche nachträglich zwischen Gonidien und Fasern stattgefunden, ähnlich denen bei Lempholemma und Plectopsora, jedoch ohne Veränderung der copulirten Gonidien. Hierauf eine bestimmte und durchaus zuverlässige Antwort zu geben, ist mir zur Zeit nicht möglich. Ich war einerseits vergeblich bemüht, die Entstehung der Gonidien aus den Faserzellen oder auch nur den Zusammenhang junger, aus etwa 3 bis 5 Zellen bestehender Ketten mit Faserästen sicher zu beobachten; es war mir auch neuerdings nicht möglich, auf diese Weise für die in Frage gestellte genetische Beziehung die thatsächlichen Belege zu liefern. Andererseits aber sehe ich weder in der Uebereinstimmung der Gonidienketten mit den Nostocschnüren, noch in andern bekannten Thatsachen einen stichhaltigen Grund, um eine genetische Beziehung mit Entschiedenheit zu läugnen. Dabei will ich indess nicht verhehlen, dass meine eigenen Anschauungen, seitdem ich Ephebe und die verwandten Gattungen näher kennen lernte, sich eher nach dieser letztern Ansicht hinneigen.

Das Gewebe des Thallusinnern ist bei sämmtlichen Gallertflechten so ziemlich übereinstimmend. Die gallertartigen Membranen erscheinen auf Durchschnitten als eine farblose homogene Pulpa, in welche die Gonidienketten oder Gonidienkugeln eingebettet sind und welche von den Faserzellen oder von den Höhlungen derselben, die indess meist nur einen sehr geringen Durchmesser besitzen (c. 1—3 Mik.) in den verschiedensten Richtungen des Raumes durchsetzt wird (Taf. XXII Fig. 2, 6, 9). Solche Durchschnitte geben namentlich nach vorhergegangenem Kochen in Kali oder Wasser und nach Färbung des Inhaltes mit Jodtinktur*) ein zierliches Bild, in welchem sowohl Fasern als Gonidien überaus deutlich gezeichnet erscheinen. Die Faserzellen sind in der Nähe der Oberfläche ziemlich kurz, im mittlern Theil des Thallus dagegen gewöhnlich mehr oder weniger gestreckt; doch werden sie auch hier nur selten über 16—20 Mik. lang. Sehr häufig ist eine dünne innere Schicht der Membran, die sich durch grössere Dichtigkeit auszeichnet, zuweilen auch wohl die ganze Membran, deutlich von der umgebenden Gallerte abgegrenzt; die Fasern erscheinen in diesem Falle doppelt conturirt.

Zunächst der Oberfläche erlangt das Gewebe durchgehends eine etwas grössere Dichtigkeit; die Fasern sind hier immer etwas stärker verästelt, die Membranen meist braun gefärbt und augenscheinlich weniger wasserreich als tiefer im Innern. Dabei bleibt indess die Differenzirung bei der Mehrzahl der Gattungen stehen; eine eigentliche Rinde, die von dem übrigen Gewebe wesentlich verschieden oder auch nur deutlich von demselben abgegrenzt wäre, kommt in diesem Falle nicht zur Entwicklung. Eine Ausnahme von dieser Regel bilden die

*) Die Gonidien färben sich bei dieser Behandlung tief braun, während der Inhalt der Faserzellen meist nur einen schwach gelblichen Ton annimmt. Die Pulpa bleibt farblos.

Genera Mallotium, Leptogium und Obryzum. Die oberflächlich gelegenen Zellen der Fasern sind hier zu einem schönen, grosszelligen Parenchym verbunden, welches gewöhnlich aus einer einzigen Zellschicht besteht, die auf Durchschnitten an die Epidermis der höheren Pflanzen erinnert. Diese 3 Gattungen besitzen also eine wirkliche Rindenschicht, welche mit derjenigen der übrigen laubartigen Flechten im Wesentlichen übereinstimmt und namentlich der Rinde einiger Arten von Sticta und Nephroma auch habituell sehr nahe steht.

Die Zellen dieser Rindenschicht erscheinen von der Fläche gesehen unregelmässig polygonal und zu einem geschlossenen Netze aufs innigste mit einander verschmolzen. Die Zeichnung ist namentlich an den Stellen, wo die Rinde aus einer einzigen Zellschicht besteht, äusserst zierlich und bestimmt. Besonders auffallend ist dabei die eigenthümliche Anordnung der Zellen, in Folge welcher das Gewebe sich physiognomisch von demjenigen höherer Pflanzen, z. B. von der Epidermis, meist sogleich unterscheidet — ein Umstand, welcher offenbar in der ganz verschiedenen Entstehungsweise desselben seine Erklärung findet. Wir haben es nämlich auch hier, wie bei den übrigen Flechten, mit verästelten Zellfäden zu thun, welche entweder bloss mit ihren Endzellen an der Bildung der Rinde Theil nehmen oder aber eine Strecke weit auf der Oberfläche verlaufen und mit ihren Verästlungen auf die verschiedenste Weise in einander greifen. Es gelingt freilich nur in wenigen Fällen, in diesen aber sicher, sich hievon durch direkte Beobachtung zu überzeugen, am leichtesten bei Prolificationen, bei denen die Bildung der Rinde eben begonnen hat, oder bei Arten, die häufig nur stellenweise berindet sind (z. B. Mallotium myochroum). Dass bei den übrigen ein anderes Bildungsgesetz zur Geltung komme, ist im höchsten Grade unwahrscheinlich.

Einige wenige Arten, deren Thallus nur eine sehr geringe Dicke erreicht (Leptogium minutissimum, lacerum), sind an den dünnen Stellen desselben nicht selten durch und durch parenchymatisch. Gallertartig verdickte Membranen kommen in diesem Falle nirgends vor; das Gewebe besteht durchgehends aus dünnwandigen, isodiametrischen Zellen, unter welchen die Gonidien sich bloss an ihrem grünen Inhalt erkennen lassen.

Bei den gelatinösen Formen beobachtet man häufig Copulationen zwischen benachbarten Fasern, hie und da auch zwischen Fasern und Gonidien (bei Lempholemma und Plectopsora sogar sehr häufig). An den geschlossenen Figuren, welche auf diese Weise entstehen, lässt sich die durch Copulation gebildete Seite von den übrigen meist nicht mehr unterscheiden.

Von der untern Lagerfläche gehen gewöhnlich zahlreiche Haargebilde ab, welche durch Auswachsen der Rindenzellen (Taf. XXIII Fig. 1) oder — wo eine Rinde fehlt — der oberflächlich gelegenen Faserzellen entstehen. In ihrem Aussehen stimmen sie vollkommen mit den Filzfasern von Sticta und Nephroma überein.

Die Wachsthumsweise des Thallus betreffend, so verhalten sich die Gallertflechten wie die übrigen Lichenen mit orthogonal-trajectorischem Faser-

verlauf. Wenigstens stehen die Faserenden der Marginalregion, welche bei rindenlosen Arten nach Kochen der Durchschnitte in Kali meist deutlich hervortreten, stets vorherrschend senkrecht auf der Oberfläche (Taf. XXII Fig. 1, 2, 9; Taf. XXIII Fig. 3). Ganz dasselbe ist auch bei den halbkugeligen oder oft beinahe kugelförmigen Prolificationen der Fall, welche bekanntlich auf der Lichtseite des Thallus häufig in grosser Zahl auftreten und sehr wahrscheinlich als junge Thallusanlagen zu betrachten sind. Tiefer im Innern wird freilich die ursprüngliche Richtung der Fasern sowohl durch die rasche Vermehrung der Gonidien und die gallertartige Verdickung der Membranen, als auch durch die intercalaren Wachsthumserscheinungen vielfach gestört; doch beobachtet man auch auf Durchschnitten durch das ältere Lager nicht selten, dass die Fasern im mittleren Theil in vorherrschend radialer Richtung verlaufen und nach beiden Seiten bogenförmig gegen die Oberfläche ausbiegen, so dass sie die letztere unter annähernd rechtem Winkel treffen. Es ist diess ganz dasselbe Verhalten, welches bei strauch- und laubartigen Flechten, die zu diesem Typus gehören, schon früher zu wiederholten Malen erwähnt wurde.

Zuweilen werden diese radial verlaufenden Fasern von zahlreichen transversalen, welche querüber von einer Rinde zur andern gespannt sind (Taf. XXIII Fig. 1), gekreuzt, eine Erscheinung, die dadurch erklärt wird, dass die Verzweigungen der nämlichen Faser, welche ober- und unterseits in die Rinde endigen, in Folge des Zuges, den das Dickenwachsthum in der Querrichtung hervorruft, sehr bald eine solche Lage annehmen, dass die Verzweigungspunkte mit den entsprechenden, in der Rinde fixirten Endpunkten in derselben geraden Linie liegen

Dass neben dem Marginalwachsthum auch ein intercalares vorkommt, wird schon durch die beträchtliche Streckung, welche die Zellen der radial verlaufenden Fasern bis auf eine gewisse Entfernung vom Rande erleiden, ausser Zweifel gesetzt. Wie stark aber die dadurch bedingte Flächenausdehnung in radialer Richtung sei, und bis auf welche Entfernung vom Rande sie sich erstrecke, konnte ich nicht mit Bestimmtheit ermitteln. Es scheint aber, dass ein lebhaftes intercalares Wachsthum auf einen ziemlich schmalen peripherischen Saum beschränkt bleibt.

Die Neubildung der Gonidien — sofern überhaupt davon die Rede sein kann — findet in der ganzen Krümmung des Randes und zwar schon an den zunächst der Oberfläche gelegenen Verästlungen statt. Die noch unausgebildeten grünen Zellen lassen sich indess von den übrigen Verästlungen der Fasern nicht mit Sicherheit unterscheiden, da eine Färbung derselben in diesen ersten Entwicklungsstadien noch nicht wahrgenommen wird. Es wäre möglich, dass bei Collema die etwas stärker aufgedunsenen Seitensprosse, meist von elliptischer Form (Taf. XXII Fig. 2 u. 2 b) als junge Gonidien zu betrachten sind, ich hielt das früher sogar für wahrscheinlich; nachdem jedoch der genetische Zusammenhang der Gonidien mit den Fasern selbst zweifelhaft geworden, so gebe ich gerne zu, dass diese Vermuthung gegenwärtig jeder sichern Basis entbehrt.

Die Vermehrung der Gonidien geht allem Anscheine nach sehr rasch von

statten. Es lässt sich diess aus dem Umstande folgern, dass die Gruppen oder Ketten, die durch die wiederholte Theilung sich bilden, schon in unmittelbarer Nähe des Randes aus einer grössern Zahl von Zellen bestehen, und dass kleine Prolificationen von 40—80 Mik. Diameter nicht selten ein nostocartiges Aussehen erhalten, indem die spärlich vorhandenen Fasern von den zahlreicheren Gonidien fast ganz verdeckt werden.

Ueber die Entwicklung der Gallertflechten aus der Spore habe ich selbst, nachdem alle meine Keimungsversuche mit Sporen heteromerischer Flechten erfolglos geblieben, keine Beobachtungen angestellt. Was de Bary*) hierüber mittheilt, reicht gerade aus, um zu zeigen, dass die Entwicklung in gleicher Weise, wie in andern bekannten Fällen, mit dem Auswachsen der Spore in verästelte Zellfäden beginnt — weiter sind auch seine Versuche nicht gediehen. Unsere Kenntnisse über den Verlauf des Lebens von der Spore bis wieder zur Spore beschränken sich demnach fast ausschliesslich auf die Consequenzen, welche sich aus den anatomischen und Wachsthumsverhältnissen des ausgebildeten Thallus ziehen lassen, und diese Consequenzen fallen nothwendig verschieden aus, je nachdem man einen genetischen Zusammenhang zwischen Gonidien und Fasern annimmt oder nicht. Besteht dieser Zusammenhang, so verhalten sich die Gallertflechten rücksichtlich ihrer Entwicklungsweise im Wesentlichen wie nach der gewöhnlichen Annahme die heteromerischen: die keimende Spore treibt verästelte Zellfäden, diese erzeugen früher oder später die ersten Gonidien und legen damit den Grund zum Aufbau des Thallus, der Thallus aber kehrt mit der Bildung der Sporen zum Ausgangspunkt zurück. Eine genetische Beziehung zu den Nostocaceen oder Chroococcaceen ist in diesem Falle im höchsten Grade unwahrscheinlich; denn man könnte sich die verschiedenen Formen der letztern jedenfalls nur als von den Mutterpflanzen getrennte Gonidien denken, welche selbstständig fortzuleben im Stande wären, ohne sich je wieder zu Gallertflechten auszubilden — ein Verhältniss, für welches im ganzen Pflanzenreich auch nicht ein einziges Beispiel bekannt ist. Sowohl Zellen als Zellcomplexe, welche sich von der Mutterpflanze abgelöst haben, gehen immer, so weit die Beobachtungen reichen, entweder zu Grunde, oder sie entwickeln sich (direkt oder indirekt) zu einer Pflanze gleicher Art. — Dass aber bei den Nostocaceen und Chroococcaceen von einer Entwicklung zu Gallertflechten, die natürlich nothwendig mit der Bildung von Faserzellen beginnen müsste, keine Rede sein kann, betrachte ich als sicher; ich stehe nicht an, mit aller Entschiedenheit zu behaupten, dass die Angaben derjenigen Beobachter, welche ein Auswachsen der Gonidien in Fasern gesehen haben wollen, auf Täuschung beruhen.**)

---

*) Hofmeister, Handbuch der physiol. Bot. II pag. 264.

**) Bei dem oben erwähnten anatomischen Zusammenhang zwischen Gonidien und Fasern sprechen schon die Formverhältnisse durchaus gegen die Annahme, dass hier die Fasern aus den Gonidien entstanden sein könnten, abgesehen davon, dass sich erstere oft weithin verfolgen lassen und dass man in der Pulpa freie Faserenden (Scheitelzellen) hiebei niemals beobachtet.

Besteht dagegen kein genetischer Zusammenhang zwischen Gonidien und Fasern — eine Möglichkeit, die bei den Collemaceen, wie oben bemerkt, jedenfalls in's Auge zu fassen ist, — so bleibt aus dem eben angeführten Grunde meines Erachtens nichts anderes übrig, als anzunehmen, dass die collemaartigen Gewächse keine selbstständigen Pflanzen seien, sondern von Pilzen durchwucherte Algen. Die Gonidienschnüre würden alsdann als typische Nostocaceen, die Zellfäden als das Mycelium parasitischer Ascomyceten zu betrachten sein, welche nur in dieser Verbindung ihre vollständige Ausbildung erreichen. Diese Annahme würde nicht ausschliessen, dass neben den gewöhnlichen Prolificationen, welche die Vermehrung der Collemen vermitteln, auch locale Wucherungen der grünen Zellen, ohne Betheiligung der Pilzfäden, stattfinden (was ich übrigens nie mit Sicherheit beobachtet habe); es könnte sogar vorkommen, dass dieselben sich von der Mutterpflanze ablösten, um als freie Nostoc fortzuleben. Umgekehrt wäre es auch denkbar, dass die Pilzfäden eines Collema in freie Nostoccolonien, welche dem Thallus aufsitzen, eindrängen und auf diese Weise die Umwandlung derselben in Collemagewebe veranlassten.

Bei meinen neueren Beobachtungen an Collema granosum sah ich sogar hie und da einzelne Prolificationen, die mir für eine solche Verwachsung zu sprechen schienen, obschon sie dieselbe keineswegs beweisen. Unter den zahlreichen grösseren und kleineren Nostoccolonien mit bläulicher Pulpa, welche in der Regel dem Thallus aufsitzen, beobachtete ich nämlich nicht selten auch Convolute von Nostoc- (resp. von Gonidien-) Schnüren, welche noch in dieselbe bläuliche Pulpa, wie die unzweifelhaften Nostoc, eingebettet, jedoch bereits von einigen wenigen, schwach verästelten Fasern durchsetzt waren, von denen meist eine oder mehrere sich in den farblosen oder schwach gelblichen Thallus hinein fortsetzten. Allerdings konnten diese Convolute auch aus dem Thallus herausgewachsen (die Fasern möglicher Weise auch in den Thallus hineingewachsen) sein, doch scheint mir die bläuliche Farbe der Pulpa jedenfalls eher auf die ursprüngliche Nostocnatur hinzudeuten.

Bei den Omphalariaceen ist der genetische Zusammenhang zwischen Gonidien und Fasern nach meinem Dafürhalten, wenn auch nicht unzweifelhaft, so doch mindestens so sicher, als bei irgend einer andern Flechte. Bestände er auch hier nicht, dann müsste derselbe für die heteromerischen, wie für die homoeomerischen Flechten sammt und sonders in Frage gestellt werden.

Anmerkung. Es hätte wohl keinen Werth, die ältern Ansichten über den innern Bau der Gallertflechten, soweit sie mit der vorstehenden Darstellung im Widerspruch stehen, zu widerlegen. Dagegen ist es nöthig, die in den neuesten systematischen Werken mitgetheilten Angaben mit einigen Worten zu erwähnen.

Körber (Syst. p. 395) sagt wörtlich: „Eine eigentliche Schichtung gesonderter Zellenformen lässt sich nirgends deutlich erkennen, vielmehr beherrscht die dem Lager schon ursprünglich zu Grunde liegende amorphe, gallertartige Pulpa alle in derselben sich anderweitig ausbildenden Zellen dergestalt, dass die Consistenz des Lagers in der That durchweg als eine gleichartige erscheint.“ — — — — — „Aber nur selten geht im Innern des heteromerischen Lagers die Umwandlung der gewöhnlichen Gonidien in Muttergonidien vor sich, während diess bei allen Gallertflechten ein gesetzmässiger Vorgang ist.

Derselbe besteht im Wesentlichen darin, dass das primäre Gonidium, vorher in der schleimigen Pulpa meistens sich gleichsam encystirend und gegen andere Gonidien sich abschliessend, durch wiederholte Theilungen seines Inhalts Gonidioblasten erzeugt, welche je nach ihrem Alter bald in geringerer Anzahl aber dabei als grössere Massen, bald in äusserst zahlreicher Menge und dann in kleinsten Dimensionen (wo sie dann unter Umständen sich perlschnurartig vereinen) das Muttergonidium erfüllen und dasselbe endlich bei gleichzeitiger Verflüssigung des dasselbe zusammenhaltenden Schleimes völlig auflösen, so dass nun diese Gonidioblasten, frei werdend, selbst zu eigentlichen Gonidien sich ausbilden können, um später ähnliche Muttergonidien zu werden, oder (wenn in Form jener kettenförmigen Schnüre auftretend) zur Bildung wasserheller Fäden verschmelzen."

Wenn ich diese Darstellung richtig auffasse, so hätte man sich also „die dem Lager schon ursprünglich zu Grunde liegende gallertartige Pulpa" als etwas Präexistirendes zu denken, „in welchem die sich anderweitig ausbildenden Zellen" entstehen. In diesem Falle würde sie jedoch mit den Fundamentalsätzen der Gewebebildungslehre so sehr in Widerspruch stehen, dass es durchaus überflüssig wäre, sie hier noch besonders widerlegen zu wollen. Sei dem wie ihm wolle, jedenfalls ist es unrichtig, dass die amorphe Pulpa dem Lager schon ursprünglich zu Grunde liegt, da dieselbe, wie oben angegeben, von den gallertartig verdickten Membranen der Fasern und Gonidien gebildet wird, das Vorhandensein der einen oder andern also nothwendig voraussetzt.

Was sodann die Vermehrungsweise der Gonidien betrifft, so begreife ich wirklich nicht, wie Körber zu einer solchen Theorie kommen konnte. Gonidien, die zu Muttergonidien werden, indem sie sich encystiren; eine Theilung in zahlreiche Gonidioblasten, welche bald isolirt bleiben, bald in Form von kettenförmigen Schnüren auftreten und in beiden Fällen durch Verflüssigung der Cyste frei werden; die Bildung wasserheller Fäden (der Fasern des Lagers) durch Verschmelzung dieser schnurförmig gereihten Mikrogonidien etc. etc. — das sind alles Dinge, die man sich zwar ganz gut denken kann, die aber in Wirklichkeit nicht vorkommen. Die angeblichen Muttergonidien sind allem Anscheine nach jene farblosen, doppelt conturirten Zellen der Gonidienketten, welche die Bedeutung der Grenzzellen bei Nostoc besitzen. Dass dieselben ursprünglich isolirt vorkommen oder in der angegebenen Weise sich theilen, ist unrichtig; sie zeichnen sich im Gegentheil gerade dadurch vor den übrigen Gliedern aus, dass sie sich nicht mehr theilen. Ihr Inhalt, weit entfernt Mikrogonidien zu bilden, schrumpft allmählich zusammen und verschwindet endlich vollständig, ohne dass dabei eine Verflüssigung der Membranen stattfände. Ebensowenig werden die farblosen Fasern, die man in der Pulpa wahrnimmt, durch Verschmelzung von Mikrogonidien gebildet. Es ist ein durchgreifendes Gesetz, dass die Gonidien von den Fasern, nicht umgekehrt die Fasern von den Gonidien gebildet werden, vorausgesetzt, dass überhaupt ein genetischer Zusammenhang zwischen Fasern und Gonidien besteht. — So dürfte denn auch die schliesslich ausgesprochene Vermuthung, dass sämmtliche Nostocarten und zum Theil auch die Gattungen Gloeocapsa, Phormidium, Palmella u. m. a. nichts als Entwicklungsformen einer Collemacee oder Byssacee seien, wohl nie die gehoffte Bestätigung finden. Die neueren Veröffentlichungen von Sachs (Bot. Ztg. 1855), Caruel (Atti Soc. ital. Sc. Nat. VII, 1864) und Andere, welche einer solchen Diamorphose günstig sind, werden einfach dadurch widerlegt, dass ein Auswachsen der Gonidien in Faserzellen, worauf es hier ankommt, weder bei Nostoc, noch bei Collema jemals stattfindet. Ich bemerke noch ausdrücklich, dass ich Collema pulposum, welches Sachs zur Untersuchung gewählt hatte, ebenfalls genau untersucht habe, jedoch die beschriebenen und abgebildeten Verzweigungen nicht finden konnte.

I. Collemaceae.

Als Collemaceen bezeichne ich, wie schon in der Einleitung angedeutet, jene Abtheilung der Gallertflechten[1], bei welcher die Gonidien in vielgliedrige Reihen

(sogenannte Schnüre oder Ketten) gruppirt sind, indem sie sich stets nur durch Scheidewände theilen, welche die Längsachse der Kette rechtwinklig schneiden. Die einen der hieher gehörigen Gattungen besitzen, wie bekannt, eine parenchymatische Rinde; die andern sind rindenlos. Von diesen letztern bilden Lempholemma und Plectopsora (Arnoldia), weil sie durch das häufige Vorkommen von sog. Copulationszellen, d. h. von mit Faserästen copulirten und in Folge dessen eigenthümlich ausgebildeten Gonidien sich auszeichnen, eine besondere Gruppe.

I. Thallus berindet: Leptogieae.

Mallotium *Fw.* Leptogium *Fr.* Obryzum *Wallr.*

Der Thallus ist ober- und unterseits mit einer parenchymatischen Rinde bekleidet, die gewöhnlich aus einer einzigen Zellschicht besteht (Taf. XXIII Fig. 1). Dieselbe ist zuweilen schon in der Marginalregion vollständig ausgebildet, zieht sich also auf Durchschnitten in Cförmigem Bogen um die Krümmung des Randes herum, wie man diess auch bei Sticta, Nephroma und andern Gattungen beobachtet. In andern Fällen erscheint dagegen der Thallusrand noch deutlich fibrös und die Umwandlung des peripherischen Fasergeflechtes zu einem dünnwandig-parenchymatischen Rindengewebe beginnt erst in einiger Entfernung von demselben. Die Untersuchung der Uebergangsstellen auf Durchschnitten und Flächenansichten ist in diesem Falle besonders instructiv, indem sie uns Aufschluss gibt über die Art und Weise, wie die Verästlungen der Fasern in einander greifen. Ist es auch nicht möglich, die einzelnen Rindenzellen als Gliederzellen bestimmter Fasern zu deuten und auf diese Weise das zierliche Zellennetz in verästelte Zellreihen zu zerlegen, so gelingt es doch, sich wenigstens im Allgemeinen von der Richtigkeit der eben ausgesprochenen Ansicht, dass das Rindengewebe durch die an der Oberfläche stattfindenden Verästlungen der Fasern gebildet werde, zu überzeugen. Ja es lassen sich sogar einzelne Rindenfasern durch Quetschen des Präparates (nach Erhitzen in Kali) isoliren; man sieht alsdann deutlich, wie dieselben sich nach innen in die zarten Markfasern, deren erweiterte Enden sie sind, fortsetzen und wie sie an der Oberfläche eine Strecke weit (so weit sie nämlich aus grossen dünnwandigen Zellen bestehen) in tangentialer Richtung verlaufen.

Bei alledem lässt sich indess der strikte Beweis, dass das intercalare Wachsthum des Rindenparenchyms bloss durch Quertheilung und Verästlung der Faserzellen bedingt werde, folglich eine Längstheilung nie vorkomme, nicht führen, und es stützt sich die Annahme, dass die für die Flechten sonst allgemein gültigen Gesetze der Gewebebildung auch hier noch Geltung haben, nur auf die Analogie.

Wenn die peripherischen Verzweigungen der Fasern, statt sich in der angegebenen Weise umzuwandeln, in Prolificationen auswachsen, so bleiben natürlich die entsprechenden Stellen rindenlos. Ist die Zahl der Prolificationen sehr gross, so kann die Entwicklung der Rinde auf der obern Seite des Thallus auch voll-

ständig unterbleiben, was z. B. bei M. myochroum gar nicht selten der Fall ist. Zuweilen bemerkt man bloss hie und da einzelne grössere Zellen zwischen den Prolificationen.

Das Gewebe des Thallusinnern ist in der Hauptsache schon durch die vorausgehende Beschreibung der Gallertflechten im Allgemeinen charakterisirt. Hier bemerke ich nur noch, dass die Faserzellen der hieher gehörigen Formen fast durchgehends eine doppelt conturirte Membran besitzen und wie es scheint nur wenig oder auch gar nichts zur Pulpabildung beitragen. Zum weitaus grösseren Theil besteht die Pulpa ohnehin immer aus verschmolzenen Gonidienhüllen. — Die an die Rinde sich ansetzenden Zellen der Markfasern (zuweilen auch die nächstfolgenden) sind mehr oder minder erweitert (Taf. XXII Fig. 1) und bilden gewissermassen einen Uebergang zwischen Mark- und Rindenschicht.

Die Theilung der Gonidien durch Scheidewände, welche den vorhergehenden parallel sind, lässt sich auf ganz beliebigen Durchschnitten leicht verfolgen. Jugendliche Gewebe, wie z. B. die noch im Wachsthum begriffenen Thallusränder oder Prolificationen, zeigen überdiess alle möglichen Entwicklungsstufen der Grenzzellen. Man sieht, wie sich einzelne Glieder der vielzelligen Reihen, in seltenen Fällen auch 2 bis 3 unmittelbar auf einander folgende, in eigenthümlicher Weise ausbilden. Sie erreichen eine beträchtlichere Grösse, erhalten eine doppelt conturirte, zuweilen gelblich gefärbte Membran, deren Endflächen meist etwas stärker verdickt sind (XXII 4) oft sogar warzenförmig nach innen vorspringen. Dabei entfärbt sich ihr Inhalt sehr frühzeitig, schrumpft dann allmählich zusammen und verschwindet endlich vollständig. In diesem Zustande erscheinen dieselben als grosse, derbwandige Zellen von kugeliger oder ovaler Gestalt, in jeder Beziehung vollkommen übereinstimmend mit den entsprechenden Zellen der Nostoc-Schnüre. Sie lösen sich, wie diese letzteren, sehr leicht von den benachbarten Gliedern ab und vermitteln dadurch die Theilung der Gonidienketten in zwei oder mehrere, welche in gleicher Weise sich wieder theilen können. Die Grenzzellen finden sich dem entsprechend bald vollständig isolirt in der Pulpa, bald nur auf der einen Seite von der Kette abgelöst, bald noch auf beiden Seiten mit den benachbarten Zellen in Verbindung („gonidiis tum simplicibus solitariis tum moniliformibus“).

Die grün bleibenden Glieder der Kette sind unter sich gleichwerthig und besitzen, wie mir scheint, eine unbegrenzte Theilungsfähigkeit. Ich folgere diess aus dem Umstande, dass dieselben auch in den ältesten Theilen des Thallus hie und da noch jene schwachen Einkerbungen zeigen, welche auf eine eben stattgefundene Theilung schliessen lassen, sowie ferner auch aus der grossen Zahl der Glieder (bisweilen über 100), aus denen die ältern Ketten bestehen, obschon sie gewöhnlich an der obern oder untern Schnittfläche des Präparates, oder auch auf beiden, abgeschnitten sind. — Die Form der grünen Zellen betreffend bemerke ich nur, dass sie bei manchen Arten kugelig oder sogar breiter als lang, bei andern länglich elliptisch sind und dass sie nicht selten, jedoch zweifelsohne erst nach dem Erlöschen der normalen Lebensthätigkeit, auch ziemlich unregel-

mässige Umrisse zeigen — alles Merkmale, die man auch an den grünen Zellen der Nostocschnüre in übereinstimmender Weise beobachtet.

Die Haargebilde der Lagerunterseite, die bekanntlich nur bei Mallotium vorkommen, sind durch die Abbildung Taf. XXIII Fig. 1 hinreichend charakterisirt. Die Entwicklung derselben kann auf Durchschnitten durch den Thallusrand leicht verfolgt werden.

Die Prolificationen sind ursprünglich rindenlos. Früher oder später erhalten sie jedoch eine deutliche Rindenschicht, welche ohne Unterbrechung in diejenige des Thallus übergeht und daher als eine blosse Aussackung derselben erscheint.

Anmerkung. Eine sonderbare Entwicklungsgeschichte der Gonidienketten gibt Körber in der Anmerkung zu Leptogium lacerum (Syst. pag 418). Die zahlreichen merenchymatischen Sporoblasten, in welche das Sporoblastem sich theilt, sollen nämlich, sobald sie aus der Sporenmutterzelle heraustreten, unmittelbar zu jenen hellgrünlichen Mikrogonidien sich umbilden, die dann zu perlschnurartigen Fäden unter sich verwachsen. Diese Angabe beruht jedenfalls auf sehr oberflächlicher Beobachtung.

Mallotium myochroum *Schaer.* Thallus c. 140—200 Mik. dick. Obere Rinde wegen der grossen Zahl der Prolificationen häufig nur stellenweise oder gar nicht entwickelt; untere mit dünnwandigen, meist kurzzelligen Haargebilden Die Entwicklung der Rinde beginnt häufig (wahrscheinlich bei allen lebhaft vegetirenden Lappen) erst in einiger Entfernung vom Rande.

M. minutissimum *Flk.* Kleinere Exemplare durch und durch parenchymatisch, ebenso die Prolificationen; grössere beiderseits mit einer aus einer einzigen Zellschicht bestehenden Rinde. Haargebilde wie bei vorhergehender Art, jedoch schwächer entwickelt.

Leptogium atrocaeruleum *Schaer.* Kleinere Exemplare fast durchweg parenchymatisch, grössere beiderseits mit einschichtiger Rinde. Prolificationen von 60 Mik. Durchmesser und darüber zeigten eine schön parenchymatische Rinde.

L. cyanescens *Schaer.*, tremelloides *Fr.*, sinuatum *Huds.*, ruginosum *Duf.*, callopismum *Mass.* Alle diese Arten besitzen eine fast durchweg einschichtige Rinde, deren Zellen im Durchschnitt circa 4—8 Mik. messen. Die Thallusdicke beträgt bei den dünnern nur 40—80 Mik. und steigt auch bei den dicken selten über 200 Mik. Kleinere Prolificationen sind rindenlos, grössere berindet.

Obryzum corniculatum *Hoffm.* Verhält sich genau wie Leptogium.

2. Thallus rindenlos: Collemeae.

Collema *Hoffm.* Synechoblastus *Trevis.*

Diese beiden Gattungen umfassen die Mehrzahl der früher unter Collema vereinigten Arten. Der Thallus erreicht in der Regel eine sehr beträchtliche

Dicke (200—500 Mik.) und ist durchgehends in hohem Grade gelatinös. Von den Fasern, welche die gallertartige Pulpa in den verschiedensten Richtungen durchsetzen, sind zuweilen bloss die äusserst kleinen, etwa 1—2 Mik. in Diameter haltenden Höhlungen sichtbar, die aber dessenungeachtet meist deutliche Scheidewände besitzen. In der Mehrzahl der Fälle dagegen ist die innerste, das Lumen unmittelbar begrenzende Schicht deutlich von der Gallerte abgegrenzt und erscheint alsdann als besondere, doppelt conturirte Membran. Es mag auch vorkommen, dass die Wandungen der Faserzellen sich bei der Bildung der Pulpa gar nicht betheiligen.

Im peripherischen Theil des Lagers sind die Fasern etwas stärker verästelt und in Folge dessen verhältnissmässig zahlreicher (Taf. XXII Fig. 6). Ihre Endigungen bilden an der Oberfläche (auf tangentialen Schnitten von aussen gesehen) nicht selten ein zierliches Netz, in dessen Maschen die Gonidienketten — hier öfter mit deutlich geschichteten Hüllen — zu Tage treten. In andern Fällen stehen die Faserenden vorherrschend senkrecht zur Oberfläche, so dass sie durch tangential geführte Schnitte quergeschnitten werden.

Die Theilung der Gonidien und die Bildung der Grenzzellen erfolgt in gleicher Weise wie bei den Leptogieen. Gonidienketten, welche mit kurzen Faserästen (wahrscheinlich durch Copulation) in Verbindung stehen, scheinen hier häufiger vorzukommen. Ich habe sie bei mehreren Arten, die ich genauer untersuchte, ganz sicher und wiederholt beobachtet.

Die untere Lagerfläche ist häufig — wenigstens stellenweise — mit zahlreichen isolirten Zellfäden besetzt, welche bisweilen zu einem schwammigen Filzgewebe von beträchtlicher Mächtigkeit verflochten sind (so z. B. bei Collema granosum), gewöhnlicher jedoch nur einen schwachen filzigen Ueberzug bilden (etwa wie bei Sticta). Die einzelnen Zellen dieser hypothallinischen Haargebilde sind mehr oder weniger langgestreckt (c. 2—4 mal so lang als breit) und besitzen ziemlich dünne oder doch nur mässig verdickte Wandungen.

Auf der obern Fläche dagegen bilden sich sehr häufig kleinere oder grössere Prolificationen (Taf. XXII Fig. 1), welche — wenn sie in grösserer Zahl vorkommen — das körnige Aussehen derselben bedingen. Sie sehen allerdings in vielen Fällen kleinen Nostockügelchen ähnlich, wie Körber in einer Anmerkung zu C. granosum richtig bemerkt, sind aber desswegen noch keine Nostoc. In der Regel sind es überhaupt keine „gonimische Sprossen", sondern von Fasern gebildete Sprossen, welche nur in Folge der lebhaften Vermehrung der Gonidien habituell an Nostoc erinnern. Kocht man dieselben in Kali, so kommen die zarten Verästlungen der Fasern fast immer deutlich zum Vorschein und können von der Basis der Prolifikation bis zur Oberfläche verfolgt werden. Von einzelnen zweideutigen Bildungen dieser Art und den damit zusammenhängenden Fragen war bereits oben die Rede.

Es ist leicht einzusehen, dass diese körnigen Auswüchse des Lagers, nachdem sie sich von der Mutterpflanze abgelöst haben, in gleicher Weise, wie die Soredien der übrigen Flechten, mit denen sie in allen wesentlichen Punkten über-

einstimmen*), unter günstigen Umständen zu einem neuen Thallus sich entwickeln können, und ich zweifle auch nicht, dass eine solche ungeschlechtliche Fortpflanzung in der Natur häufig vorkommt.

Die Arten, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, sind nach Schaer. Enum. folgende: C. bacillare, crispum, cristatum, granosum, intestiniforme, multifidum, nigrescens, palmatum, plicatile, pulposum, rupestre, Schraderi, stygium var. orbiculare, tenax, turgidum. Sie zeigen alle eine so grosse Uebereinstimmung in den anatomischen Merkmalen, dass es mir überflüssig erscheint, einzelne derselben noch speziell zu besprechen. Die vorkommenden Unterschiede beziehen sich bloss auf die Thallusdicke, die mehr oder minder starke Färbung der Pulpa zunächst der Oberfläche, und auf einige unwesentliche Eigenthümlichkeiten im Verlauf der Fasern.

3. Thallus rindenlos, Gonidienketten mit derbwandigen Copulationszellen: Plectopsoreae.

Lempholemma *Kbr.* Plectopsora**) (Arnoldia) *Mass.*

Von Collema bloss durch das abweichende Verhalten der Gonidienketten verschieden. Die letzteren bestehen aus ursprünglich gleichwerthigen Gliedern, wovon jedoch einzelne, die durch Copulation mit Faserästen in Verbindung treten, sich in ähnlicher Weise ausbilden wie die Grenzzellen der Nostocschnüre. Sie erreichen eine viel beträchtlichere Grösse (10—14 Mik. im Diam.), nehmen Kugelform an und erhalten eine deutliche, von der umgebenden Gallerte scharf abgegrenzte Membran; dabei schrumpft der Inhalt allmählich zusammen und verschwindet endlich ganz.

Diese Umwandlung geht jedoch, wie es scheint, ziemlich langsam von statten; man hat häufig Gelegenheit, auf dem nämlichen Durchschnitt die verschiedensten Entwicklungsstadien dieser Copulationszellen zu beobachten: solche, welche sich eben mit der Scheitelzelle eines Faserastes copulirt haben und sich übrigens von den benachbarten Gliedern noch nicht unterscheiden; andere, welche eine äusserst

---

*) Wenn sich die Prolificationen, was nicht zu bezweifeln, von der Mutterpflanze ablösen, und sich zu einem neuen Thallus entwickeln, so sind sie wie die Soredien als ungeschlechtliche Fortpflanzungsorgane zu betrachten, die sich blos mit Rücksicht auf ihre Entwicklung von diesen letztern unterscheiden. Die Soredien bilden sich nämlich in der Gonidienzone, also im Innern des Thallus, und durchbrechen in Folge ihrer Anhäufung die Rinde; die Häufchen, die sich an der Durchbruchsstelle bilden, bestehen demnach aus einer Vielzahl keimfähiger Organe. Die Prolificationen dagegen sind knospenartige Bildungen, welche einzeln an der Oberfläche des Thallus durch Auswachsen der Fasern entstehen und oft eine beträchtliche Grösse erreichen, ehe sie sich von der Mutterpflanze ablösen. Manche derselben mögen auch zeitlebens damit verwachsen bleiben.

**) Plectopsora, nicht Plectospora, ist die richtige Schreibweise.

zart conturirte, oft nur stellenweise deutlich abgegrenzte Membran und einen grünen unveränderten Inhalt besitzen; ferner etwas weiter entwickelte mit doppelt conturirten Membranen und etwas zusammengeschrumpftem Inhalt; endlich solche, deren Inhalt ganz verschwunden ist (Taf. XXII, Fig. 10 a—e).

Der sich copulirende Ast schwillt gegen die Berührungsstelle zu gewöhnlich mehr oder weniger an, so dass er der grünen Zelle mit etwas erweiterter Basis aufsitzt. Zuweilen erhält er ebenfalls eine eigene Membran, welche sich nach der einen Seite hin allmählig verliert und auf der andern in die Membran der Copulationszelle übergeht. Gewöhnlicher hört indess diese letztere an der Berührungsstelle plötzlich auf und die Endzelle des Astes, von welcher in diesem Falle bloss der Inhalt sichtbar, erscheint wie ein Pfropf in die Oeffnung eingesenkt (Fig. 8). Diese Endzelle, welche auch als Stiel bezeichnet werden kann, verästelt sich nie und ist, wie ich vermuthe, auch keiner weitern Theilung fähig; die nächstfolgenden Zellen dagegen — insofern solche vorhanden — verzweigen sich in der Regel wieder und bedingen dadurch die auf den ersten Blick höchst auffallende Erscheinung, dass die Copulationszellen fast immer auf einzelligen Aesten sitzen.

Nicht selten steht die nämliche Copulationszelle mit 2 Faserästen in Verbindung, von denen jedoch meist nur der eine — zweifelsohne der zuerst copulirte — sich wie ein gewöhnlicher Stiel verhält, während der andere bloss mit der Aussenfläche der Membran verwachsen ist (Fig. 10 d).

Der Abstand der Copulationszellen in der Kette ist natürlich einerseits von der Lebhaftigkeit der Verästlung und anderseits von der Theilung der Gonidien abhängig. Sehr häufig sind dieselben durch 10, 20, 30—60 grüne Zellen, die sich fortwährend theilen, von einander getrennt; es kann aber auch der Fall vorkommen, dass 2—3 successive Glieder der Kette mit Fasern in Verbindung stehen und sich in der angegebenen Weise zu Copulationszellen umgewandelt haben, oder dass eine einzige grüne Zelle zwischen zwei ausgebildeten Copulationszellen liegt.*)

Wenn man das in Kali gekochte und wieder ausgewaschene Präparat mit Jod in Jodkalium behandelt, so färbt sich die Membran der Copulationszellen schmutzig weinroth, und bei etwas stärkerer Einwirkung nimmt auch die Pulpa die nämliche Färbung an. Diese Reaction kann auch ohne vorhergegangenes Kochen in Kali eintreten, bleibt jedoch in diesem Falle meist nur auf einzelne Stellen beschränkt.

Abgestorbene Gonidien, die den Faserzellen oft täuschend ähnlich sind und sich nach Zusatz von Jod nicht mehr färben, beobachtet man im ältern Thallus ziemlich häufig, und namentlich sind es die an inhaltslose Copulationszellen grenzenden Theile der Ketten, in welchen die Lebensthätigkeit, nach zahlreichen

*) Es ist überflüssig zu bemerken, dass diese Thatsachen, deren Richtigkeit keinem Zweifel unterliegt, durch die Annahme einer genetischen Beziehung zwischen Faserästen und Copulationszellen nicht erklärt werden.

Beobachtungen zu schliessen, durchschnittlich früher erlischt als in den entfernteren Gliedern.*)

Lempholemma compactum *Körb.* (Hepp. Eur. 661) und Arnoldia cyathodes *Mass* (Hepp. Eur. 660) verhalten sich gleich. Die nämlichen Zeichnungen (Taf. XXII, Fig. 8 — 10) gelten eben so gut für die eine, wie für die andere Flechte.

Bei Arnoldia botryosa habe ich wohl mehrgliedrige Ketten und grosse, den Copulationszellen ähnliche Glieder, nie aber mit Sicherheit die Stiele derselben beobachtet. Die Exemplare waren übrigens so ungünstig, dass auf manchen Durchschnitten nicht einmal deutliche Ketten zu sehen waren.

II. Omphalariaceae.

Die folgenden Gattungen, die in der Einleitung als Omphalariaceen aufgezählt wurden, grenzen sich, wie ich für die ersterwähnten bereits früher (Vierteljahrsbericht der naturforsch. Ges. in Zürich 1860) nachgewiesen habe, durch die abweichende Theilung der Gonidien mit aller Schärfe von der vorhergehenden ab. Der Theilungsvorgang, der im Wesentlichen auf der Bildung kugelförmiger Gruppen mit dichotomisch verzweigten Stielen beruht, lässt sich bei den Gattungen mit stark entwickelter Pulpa ziemlich leicht übersehen, schwieriger dagegen bei Psorotichia u. a. von schwach gelatinöser Consistenz. In allen Fällen aber bildet derselbe ein durchaus zuverlässiges morphologisches Merkmal von ausnahmsloser Constanz. Das Nähere darüber ist bei den einzelnen Gattungen mitgetheilt.

Omphalaria. Enchylium.

Die Theilung der Gonidien geschieht hier in folgender Weise. Die erste Scheidewand, durch welche die primäre grüne Zelle in zwei Tochterzellen getheilt wird, geht wie bei den sog. heteromerischen Flechten durch den Anheftungspunkt des Stieles (Taf. XXIII, Fig. 4 a). Während dieselbe sich allmählig verdickt, gabelt sich die Stielzelle in der Weise, dass jede der beiden Tochterzellen auf einem Gabelzweig sitzt (Fig. 4 b). Die beiden folgenden Scheidewände setzen sich auf beiden Seiten unter rechten Winkeln an die erste an, bilden also mit derselben ein Kreuz (Fig. 4 c); sie gehen übrigens ebenfalls durch die Anheftungs-

---

*) Körber (Syst. p. 401) spricht sich hier bezüglich der oben besprochenen Entwickelung der Collemaceen aus Nostoc etc. genauer dahin aus, es sei höchst wahrscheinlich, dass Nostoc commune nichts Anderes sei, als unsere Flechte im sterilen, sowie im Spermogonien tragenden Zustande. Hierauf habe ich bloss zu bemerken, dass Spermogonien tragende Nostoc commune, es versteht sich ohne Faserzellen, nicht vorkommen, und dass ein steriles Lempholemma eben so gut als ein fruchttragendes durch die besprochenen anatomischen Merkmale charakterisirt wird.

punkte der Stielzellen, d. h. der beiden Gabelzweige, liegen also in der ersten Gabelungsebene. Die beiden Stielzellen gabeln sich jetzt wieder und zwar mit Rücksicht auf die anstossenden Scheidewände in gleicher Weise wie das erste Mal. Die zweite Gabelungsebene steht daher, da die successiven Scheidewände sich rechtwinklig schneiden, senkrecht auf der ersten. So geht nun die Theilung weiter: jede folgende Scheidewand setzt sich rechtwinklig an die vorhergehende an (Fig. 4 d), jede Gabelungsebene steht senkrecht auf der anstossenden Scheidewand.

Die Membranen der älteren Generationen dehnen sich unterdessen immer weiter aus, sie erscheinen immer undeutlicher conturirt und lassen sich endlich von der umgebenden Gallerte nicht mehr unterscheiden. Bei den einen geht dieser Verschmelzungsprozess im Verhältniss zur Lebhaftigkeit der Theilung sehr rasch von statten, indem man selten mehr als 2 Zellen von einer gemeinsamen Membran umschlossen sieht; bei den andern dagegen langsamer, so dass Gruppen von 16—64 Zellen noch eine gemeinsame Hülle besitzen.

Die gallertartig verdickten Membranen der einzelnen grünen Zellen bestehen in einem geeigneten Stadium aus drei gesonderten Schichten: einer oberflächlichen dichten Schicht, die unter dem Microscop hell erscheint, einer mittleren wasserreichen, die sich kaum von der umgebenden Pulpa unterscheidet, und einer innersten dichten von etwas grösserer Mächtigkeit als die erste Nach der Theilung der Zellen schmiegt sich diese innerste Schicht an die beiden Tochterzellen an, als deren besondere Membran sie erscheint; sie wächst sodann eine Zeit lang in die Dicke und spaltet sich hierauf wieder in zwei dichte Schichten, welche durch eine wasserreiche von einander getrennt sind (Fig. 5 b). Jene äussere Schicht umgibt dieselben als eine kugelige oder ovale Blase, wird indessen allmählich dünner, bis sie endlich vollständig in Gallerte umgewandelt ist. Diese Verhältnisse lassen sich namentlich bei Omphalaria Girardi Dur. Mont. nach Erhitzen der Durchschnitte in Kali sehr schön beobachten.

Die Gonidien sind zunächst der Oberfläche, wo sie meist in grösserer Zahl vorkommen (XXIII, 3), nicht selten mehr oder weniger verändert. Ihre ursprüngliche Färbung, die im mittleren Theile sich noch unverändert erhalten hat, erscheint nämlich in ein schmutziges Gelb oder Grüngelb umgewandelt. Ueberdiess deutet die Form und Anordnung der Theilzellen darauf hin, dass eine weitere Theilung hier nicht mehr stattfindet.

Das Gewebe des Thallus stimmt im Uebrigen mit dem der Collemaceen überein. Die Fasern besitzen entweder gar keine oder eine äusserst zarte und nur stellenweise wahrnehmbare besondere Membran. Sie bilden im mittleren Theil des Thallus nicht selten ein förmliches Bündel, von welchem nach beiden Seiten kleinere Zweige und einzelne Fasern abgehen, die auf die mannigfachste Weise unter sich anastomosiren (Fig. 3). In der Marginalregion löst sich dieses mittlere Bündel in viele kleine auf, welche nach vorn, oben und unten bogenförmig gegen den Rand verlaufen, folglich in annähernd orthogonal-trajectorischer Richtung weiter wachsen. Die letzten Verzweigungen der Fasern werden indess durch die zahlreichen Gonidien stets mehr oder weniger verdeckt, und es lassen sich

namentlich die Scheitelzellen nicht deutlich genug wahrnehmen, um einen Durchschnitt durch den Rand genau zeichnen zu können.

Die Bildung der Gonidien findet, wie mir scheint, in der ganzen Marginalregion und zwar schon in unmittelbarer Nähe der Oberfläche statt. Sie treten schon hier wie im ältern Thallus in grosser Zahl auf und lassen sich nur dadurch als jüngere Bildungen erkennen, dass viele derselben noch ungetheilt, andere in 2 oder 4 Zellen getheilt sind, grössere Gonidienkugeln aber gänzlich fehlen.

Anmerkung. Der innere Bau einer hieher gehörigen Flechte (Synalissa ramulosa Schrad.) wird von Körber (Syst. p. 423) folgendermassen beschrieben: „Der Thallus besteht aus einer farblosen derb-gelatinösen Pulpa, welche nach aussen zu an beiden Seiten des Lagers zu einer rothbraunen, aus verschmolzenen Zellen bestehenden Rinde erhärtet erscheint. Unterhalb dieser Rindenschicht (die natürlich nach innen zu keine scharfe Grenze zeigt), liegen in nicht zu breiter Lage isolirte, grosse, hellgrünliche, von einer kreisrunden ungefärbten Schleimhülle umgebene schöne Gonidien, wie ich sie in ganz gleicher Weise bei keiner andern Flechte bisher je gesehen habe. Endlich platzen diese Gonidienkugeln, gewöhnlich nachdem sie sich vorher entfärbt haben, wasserhell geworden sind und die grüne Färbung an die Hülle übergegangen ist, die nunmehr als ein an einer Stelle offener (zerrissener) Ring zurückbleibt. Offenbar bilden sich aus diesen Gonidien ebenso die braunrothen Rindentheile, wie die farblose schleimige Pulpa. In letzterer liegen übrigens sehr verzweigte, anastomosirende, farblose, zarte Fadenzellen, ebenfalls eingebettet, während hingegen von Gonidienschnüren nirgends eine Spur zu sehen ist.“

Dieser Darstellung gegenüber beschränke ich mich auf die Hervorhebung der factischen Unrichtigkeiten:

1) Der Thallus der Omphalarien ist ebensowenig berindet, als der der Collemeen. Beide stimmen mit Rücksicht auf das Verhalten der oberflächlichen Fasern vollkommen mit einander überein.
2) Die Angabe, dass die Gonidien nur zunächst der Oberfläche „in nicht zu breiter Lage“ vorkommen, ist dahin zu berichtigen, dass sie gegen die Oberfläche zu in grösserer Zahl auftreten, aber auch in der Mitte nur selten fehlen.
3) Die Gonidienkugeln platzen nicht. Wenn die Gallerthülle als ein an einer Stelle offener (nicht zerrissener) Ring erscheint, so erklärt sich das einfach aus dem Umstande, dass der Umriss der Membran am Anheftungspunkte des Stieles, ähnlich wie bei den Copulationszellen von Lempholemma, unterbrochen ist.
4) Die weitere Angabe, dass sich aus den Gonidien „ebenso die braunrothen Rindentheile, wie die farblose schleimige Pulpa“ bilden, ist nur in soweit richtig, als die Hüllen der Gonidien an der Bildung der Pulpa Theil nehmen und die letztere zunächst der Oberfläche häufig braun gefärbt ist.

Omphalaria Girardi Dur. mont. (Hepp. Eur. 419). Oberseite des Thallus nur durch die Gegenwart von Spermogonien charakterisirt, sonst vollkommen wie die Unterseite. Faserstrang im mittleren Theil des Thallus, nach beiden Seiten kleine Bündel absendend, häufig beobachtet (Taf. XXIII, Fig. 3); Faserzellen meist ohne besondere Membran. Gonidienkugeln zunächst der Oberfläche dicht gedrängt, nicht selten braungelb gefärbt; zum Studium der Theilungsvorgänge besonders geeignet (Fig, 4, 5).

O. pulvinata (Hepp. Eur. Nr. 658—659). Wie vorhergehende Art, die Gonidienkugeln jedoch selten so schön. Die Varietät β Scleicheri Hepp verhält sich ebenso.

O. decipiens Mass. (Hepp. Eur. 657). Faserzellen mit grössern Höhlungen als bei den vorhergehenden Arten, hie und da mit deutlichen Membranen. Gonidienkugeln undeutlich; mehr als 2 noch mit dem Stiele in Verbindung stehende Gonidien habe ich nie beobachtet, diese aber sicher.

Enchylium synalissum Mass. (Synalissa Acharii Hepp. Eur. 89). Mit häufigen Prolificationen, an denen die Faserenden nach Kochen in Kali deutlich hervortreten.

E. corynophorum (Omphalaria coralloides Hepp. Eur. 656), Die Gonidienmembranen werden sehr rasch in Gallerte umgewandelt, so dass man gemeinsame Membranen in der Regel nicht beobachtet. Gonidien (der untersuchten Exemplare) grün bis an die Oberfläche, hier wie gewöhnlich in grösserer Zahl. — Spermogonien zu wiederholten Malen an den Enden der cylindrischen Verzweigungen (mit scheitelständigem Ostiolum) beobachtet.

Psorotichia *Mass.*

Eine Gattung, welche mit Micararaea, Raccoblenna und Pterygium das interstitienlose, kurzzellig-fibröse oder parenchymatische Gewebe gemein hat, aber durch die Theilungsweise der Gonidien ihre Verwandtschaft mit Enchylium und den übrigen Omphalarieen verräth.*)

Die Gonidien sind blaugrün, häufig entfärbt, einzeln oder in kleineren und grösseren Gruppen im Gewebe zerstreut, zunächst der Oberfläche meist zahlreicher, als tiefer im Innern. Die Theilung findet in der Regel wie bei Omphalaria nach senkrecht auf einander stehenden Richtungen des Raumes statt; man beobachtet nicht selten Gruppen von 8 Zellen, die annähernd wie die Ecken eines Würfels gestellt sind (XXIII, 23a), noch häufiger freilich grössere Gruppen von 16—30 Zellen und darüber mit unregelmässiger Anordnung der Theilzellen. Solche Gruppen erinnern meist auffallend an Soredien mit fibröser Hülle; sie sind wie diese von vielfach verästelten Fasern durchflochten, welche die einzelnen Theilzellen von einander trennen und die zu älteren Generationen gehörigen nach und nach in verschiedene Complexe absondern.

Ob jede der Theilzellen auf einem eigenen, durch wiederholte Gabelung der ursprünglichen Stielzelle gebildeten Stiele sitzt, konnte ich bei grösseren Gruppen nicht mit Sicherheit unterscheiden; bei kleineren ist es, nach mehreren sicheren Beobachtungen, entschieden der Fall. Jedenfalls bleibt die Verzweigung nicht bei der wiederholten Gabelung stehen; es bilden sich noch andere Faseräste,

*) So sehr auch die Raccoblennaceen und Omphalariaceen in ihren typischen Formen von einander abweichen, so ist es doch nicht immer leicht, die krustenartigen Repräsentanten der einen und andern Abtheilung sicher von einander zu unterscheiden, da bei der vollkommenen Uebereinstimmung der Gewebe als einzige Anhaltspunkte die Theilungsweise der Gonidien und das Verhalten der Stielzelle übrig bleiben. Die verschiedenen Gattungen dieser Krustenflechten nach ihrem microscopischen Verhalten scharf zu characterisiren, ist ohne Herbeiziehung der carpologischen Merkmale geradezu unmöglich.

welche hie und da zwischen den oberflächlichen Zellen der Gruppe hervorstehen und das soredienähnliche Aussehen derselben bedingen (XXIII, 24 a, b).

Das Gewebe des Thallus ist, wie bereits bemerkt, vollkommen interstitienlos, dabei kleinzellig-parenchymatisch oder fibrös. Eine eigentliche Pulpa kommt nicht zur Entwickelung. Die grossen rundlichen Zellen, welche stellenweise den anatomischen Habitus bedingen, sind nicht etwa erweiterte Faserzellen, sondern abgestorbene Gonidien. Denselben Ursprung haben die grösseren und kleineren Gruppen poliedrischer, ziemlich dünnwandiger Zellen, welche oft in grosser Zahl in das fibröse Gewebe des Thallus eingesenkt erscheinen.

Vorstehende Angaben stützen sich auf die Untersuchung folgender mir von Herrn Arnold mitgetheilten Flechten.

Psorotichia murorum Arn. lich. exs. 430 d. Die Thallusschüppchen sind kurzzellig-fibrös oder stellenweise parenchymatisch, die Gonidiengruppen von verästelten Fasern durchflochten, nie in Ketten aufgelöst. Die Theilung der Gonidien beginnt in der Regel mit kreuzweis gestellten Scheidewänden und schreitet so fort, dass die ersten 8 Tochterzellen wie die Ecken eines Würfels gestellt sind. Es ist diess die nämliche Stellung, die man auch bei Pannaria, Sticta u. a. öfters beobachtet, die man aber auch bei Omphalaria und den verwandten Gattungen erhält, wenn die Gabelzweige der Stielzelle mit dem entsprechenden Stammtheil einen rechten Winkel bilden. In mehreren Fällen glaube ich sicher beobachtet zu haben, dass wenigstens die 8 ersten Tochterzellen auf besonderen Stielen sitzen. Bei grösseren Gruppen lässt sich die Frage wegen der schwachen Verdickung und geringen Quellungsfähigkeit der Membranen nicht wohl entscheiden.

Ps. murorum Arn. lich. exs. 157. Thallusschüppchen kleinzellig-fibrös. Gonidiengruppen von spärlichen Fasern durchflochten, in den tiefer liegenden Schüppchen abgestorben und inhaltslos. Theilung, wie es scheint, zuweilen nach verschiedenen unbestimmten Richtungen; Gabelung der Stielzelle, obgleich bei Gruppen von 4 Zellen öfters angedeutet, nie sicher beobachtet, nicht selten dagegen das weitere Wachsthum und die unregelmässige Verzweigung derselben. Im Uebrigen wie die vorhergehende Nummer, — gehört doch wohl hieher.

Ps. murorum Arn. lich. exs. 620. Thalusschüppchen kurzzellig-fibrös oder undeutlich parenchymatisch, hie und da mit grossen Zellhöhlungen oder Gruppen von solchen. Gonidiengruppen von verästelten Fasern durchflochten; gestielte Theilzellen beobachtet.

„Pannaria Schaereri oder Psorotichia murorum?“ Arn. lich. exs. 774. Verhält sich ebenso.

? Ps. riparia. Arn. lich. exs. 33. Thalusschüppchen kurzzellig-fibrös oder parenchymatisch, hie und da mit grossen ovalen Zellhöhlungen. Gonidien blaugrün, in Gruppen ohne Faserverästelungen. Gehört wahrscheinlich nicht hieher, sondern zu den Pannariaceen.

Phylliscum.

Die untersuchte Pflanze, die ich der Güte des Herrn Arnold verdanke, ist Phylliscum endocarpoides. Dieselbe stimmt mit Rücksicht auf die vorherrschende Richtung der Fasern und den microscopischen Habitus des Gewebes im Allgemeinen mit Omphalaria überein, ist jedoch durch das eigenthümliche Verhalten der Gonidien in hohem Grade ausgezeichnet. Die Fasern verlaufen im mittlern Theil des Thallus in der Längsrichtung der Lappen und divergiren nach oben und unten gegen die Oberfläche, welche letztere sie annähernd rechtwinklig treffen (Vgl. Taf. XXIII, Fig. 3). Die Membranen sind gallertartig verdickt, jedoch ohne zu einer homogenen Pulpa verschmolzen zu sein, zunächst der Oberfläche wie gewöhnlich braun gefärbt.

Die Gonidien sind blaugrün, auffallend gross (20—30 Mik. im Diam.), kugelig oder elliptisch, mit gallertartiger, meist deutlich-vielschichtiger Membran (XXIII, 6). Die Theilung erfolgt wie bei den übrigen Gattungen der Omphalariaceen durch annähernd senkrecht auf einander stehende Scheidewände; nur trennen sich die Tochterzellen hier sehr rasch von einander, so dass man im Innern des Thallus meist nur isolirte Gonidien, selten Gruppen von 2—4 zusammengehörigen beobachtet (XXIII, 8, 9). Dass eine Verästlung der Stielzelle stattfindet, lässt sich schon aus dem Umstande folgern, dass die meisten der isolirten Gonidien bei genauer Untersuchung gestielt erscheinen (Fig. 7), was nur dann möglich ist, wenn mindestens die grosse Mehrzahl derselben wirklich gestielt ist, da manche Stielzellen durch den Schnitt entfernt werden oder unbemerkt auf der abgekehrten Seite liegen. Es geht diess aber auch aus den direct beobachteten Fällen, wie sie in Fig. 8 und 9 dargestellt sind, mit Bestimmtheit hervor. Ja es scheint sogar Regel zu sein, dass die Verästlung nicht bei der blossen Gabelung stehen bleibt, sondern (wie bei Psorotichia) in unregelmässiger Weise weiter fortschreitet und dadurch die Bildung soredienähnlicher Gruppen veranlasst. Man sieht wenigstens hie und da 4—6 wie Theilzellen gestellte Gonidien, deren Zusammengehörigkeit zwar nicht sicher, aber doch auch nicht unwahrscheinlich ist, und bei welchen die Stiele nebst andern Verästlungen mit der nämlichen Faser in Verbindung stehen.

Die Gonidienmembranen zeigen nach stattgefundener Theilung eine der Scheidewand entsprechende Einschnürung und gehen bei der Trennung der Tochterzellen in ihrer ganzen Dicke an diese letztern über. Gemeinsame Hüllen, welche die spätern Generationen umschliessen, beobachtet man daher nirgends; sie sind höchstens im peripherischen Theil, und auch hier nur bei Gruppen von 2—3 Zellen, schwach angedeutet. Ebensowenig findet eine Umwandlung der äussern Schichten in eine homogene Gallerte statt.

Mit Jodtinctur behandelt färben sich die Gonidienmembranen an einzelnen Stellen des Thallus violett oder braun-violett, während sie an andern Stellen farblos bleiben. Beim Erhitzen in Wasser quellen sie beträchtlich auf; kochendes Kali löst sie bis auf die innerste dichtere Schicht oder auch vollständig auf.

Das Gewebe des Thallusinnern ist stets fibrös und nicht immer interstitienlos,

sondern hie und da in ein lockeres Fasergeflecht aufgelöst. Die äusseren Conturen der Fasermembranen sind auch in den dichten Partien immer noch erkennbar; die Trennung derselben bei Anwendung von Druck findet in der Berührungslinie statt.

Die beiden untersuchten Exemplare, das eine bei Nyborg in Finnmarken von Th. Fries, das andere in den Sudeten von Körber gesammelt, verhielten sich gleich.

Nachtrag.

Die Entscheidung darüber, ob und inwieweit die Annahme einer auf Verwachsung parasitischer Pilze mit Algen beruhenden Thallusbildung gerechtfertigt sei, bleibt weitern Untersuchungen vorbehalten. Nachdem jedoch die Möglichkeit eines solchen Vorganges und in einzelnen Fällen sogar die Wahrscheinlichkeit desselben nicht mehr bestritten werden kann, drängt sich jetzt schon die Frage auf, ob nicht vielleicht sämmtliche Flechten in dieser nämlichen Weise entstehen: ob die Gonidien nicht durchgehends als typische Algen und die farblosen Zellfäden als Pilzhyphen zu betrachten seien, welche von jenen die zum Aufbau des Thallus erforderliche Nahrung beziehen. So wie die Dinge gegenwärtig stehen, lässt sich sowohl für als gegen eine solche Auffassung Mancherlei anführen, und das Urtheil des Einzelnen wird je nach dem Gewicht, das er den betreffenden Thatsachen beilegt, verschieden ausfallen.

Für die Annahme einer Parasitenwucherung lässt sich geltend machen:

1) dass bis jetzt die genetische Beziehung der Gonidien zu den Faserzellen nirgends direct nachgewiesen, sondern stets nur aus anatomischen Verhältnissen erschlossen wurde, der anatomische Zusammenhang aber möglicherweise immer auf Copulation beruht.

2) Dass die Membranen der Gonidien rücksichtlich ihres chemischen Verhaltens sich durchgehends von den Fasermembranen unterscheiden, indem erstere wie bei den unten bezeichneten Algen, letztere wie bei Pilzen reagiren.

3) Dass die verschiedenen Gonidienformen mit Bezug auf Bau und Vermehrungsweise ebensovielen Typen einzelliger und Fadenalgen entsprechen, so zwar, dass ein isolirtes Gonidium, resp. Gonidiensystem, von der betreffenden Alge in vielen Fällen nicht unterschieden werden kann. Diese Algentypen sind:

a) für die meisten heteromerischen Flechten (Usnea, Bryopogon, Evernia, Physcia, Anaptychia, Imbricaria, Parmelia etc.) die Palmellaceen-Gattung Cystococcus Näg. (C. humicola und dessen Verwandte);

b) für einige andere heteromerische Flechten die Palmellaceengattung Pleurococcus Menegh (P. vulgaris und verwandte Formen);

c) für Roccella die Gattung Exococcus Näg. Manuscript.

d) für die Omphalariaceen, sowie für die übrigen Flechten mit blaugrünen

Gonidien verschiedene Repräsentanten der Chroococcaceen, darunter namentlich Gloeocapsa und wahrscheinlich auch Chroococcus u. a. noch näher zu vergleichende Gattungen;

e) für die Collemaceen mit Gonidienschnüren die Gattung Nostoc;

f) für Ephebe und deren Verwandte Stigonema (für Ephebella Hegetschweileri Scytonema);

g) für Coenogonium und Cystocoleus eine zum Typus der Conferveen gehörige Fadenalge;

h) für Graphis, Opegrapha und deren Verwandte die Gattung Chroolepus.

4) Dass die Keimung der Spore bis jetzt nicht weiter als bis zur Anlage des Protothallus beobachtet werden konnte, wahrscheinlich desshalb, weil die Mitwirkung der betreffenden Alge fehlte (bei Tulasne's Versuchen, die Monate lang dauerten, konnten die grünen Zellen von aussen hinzugekommen sein).

5) Dass zwischen Flechten und Pyrenomyceten hinsichtlich der Fruchtentwicklung und der Spermogonienbildung eine auffallende Uebereinstimmung besteht, dergestalt, dass ohne Herbeiziehung der Gonidien eine scharfe Grenzlinie nicht gezogen werden kann.

Die meisten der eben aufgezählten Vergleichungspunkte sind ohne Weiteres einleuchtend; nur wenige erheischen eine besondere Begründung. Betreffend das chemische Verhalten der Fasermembranen mag es genügen, daran zu erinnern, dass sowohl bei Flechten als Pilzen Fälle normaler Cellulosereaction in nicht unbeträchtlicher Zahl vorkommen, dass jedoch die grössere Zahl der Pilz- und Flechtenmembranen sich mit Jod und Schwefelsäure nicht blau, sondern gelb bis braun oder auch gar nicht färben. Näheres hierüber ergibt die Vergleichung meiner darauf bezüglichen Angaben in der Einleitung mit denjenigen de Bary's in Hofmeisters Handbuch der physiol. Bot. II p. 7.

Eingehender verdient die unter 3) a und b erwähnte Uebereinstimmung der Gonidien mit Cystococcus und Pleurococcus motivirt zu werden. Die Gattung Cystococcus Näg. umfasst einzellige, kugelförmige Algen mit dünner Membran, welche sich durch Theilung nach verschiedenen Richtungen des Raumes vermehren. Die ersten Theilungen erfolgen, wie schon ein Blick auf die Darstellungen Nägeli's zeigt (Gattungen einzelliger Algen Taf. III E, vgl. namentlich i und k) im Wesentlichen in derselben Weise, wie bei den Gonidien von Usnea, Bryopogon etc. (s. diese Beiträge II. Taf. I und II), und nach eigenen Untersuchungen an Cystococcus humicola ist die Uebereinstimmung noch vollständiger, als man es bei Vergleichung der citirten Zeichnungen erwarten möchte. Ich bemerke namentlich, dass die Scheidewände, welche nach stattgefundener Zweitheilung in den beiden Theilzellen auftreten, keineswegs immer so gestellt sind, dass sie mit der ersten Scheidewand ein rechtwinkeliges Kreuz bilden. Dieselben sind im Gegentheil sehr häufig um einen grössern oder kleinern Winkel gegen einander verschoben, oft so, dass sie in rechtwinkelig sich kreuzenden Ebenen liegen. Die Theilzellen bilden in diesem Falle zwei in's Kreuz gestellte Paare von Kugelquadranten. Hie und da beobachtet man auch eine genau tetraedrische

Stellung der 4 ersten Theilzellen, ganz wie bei den Gonidien von Usnea u. a. Ebenso erfolgen auch die nächstfolgenden Theilungen in übereinstimmender Weise. Ein principieller Unterschied besteht überhaupt nur insofern, als die Theilung bei den Gonidien in der Regel mit 8—9 Theilzellen abschliesst, während sie bei Cystococcus zu einer vielzelligen Brutfamilie führt. Ich bemerke jedoch, dass man ausnahmsweise auch Gonidien findet, welche 20 bis 50 und mehr kleine Theilzellen enthalten, dabei genau kugelförmig sind und das gewöhnliche Maximum der Grösse (16—18 Mik.) nicht überschreiten. Andererseits begegnet man hin und wieder kugelförmigen Cystococcus-Theilzellen von 10—12 Mik. im Durchmesser, welche zu 7 bis 9 in rundliche Gruppen vereinigt sind und ganz den Eindruck gewähren, als ob man es mit der Gesammtzahl der aus einer Mutterzelle hervorgegangenen Theilzellen zu thun habe. Solche Gruppen geben genau das Bild von Theilgonidien, welche im Begriffe stehen, sich von einander zu trennen. Ob dieselben zur gleichen oder zu einer andern Art von Cystococcus gehören, kommt hier natürlich nicht in Betracht.

Unter diesen Umständen liegt die Vermuthung nahe, dass die reproductive Zellentheilung (Schwärmsporenbildung) bei den Flechtengonidien, weil sie unter veränderten Verhältnissen vegetiren, unterbleibe und dass dafür die Theilung in 8 Zellen zur Regel werde. Die Graphideengonidien würden alsdann einen ähnlichen Fall darbieten, indem sie die vegetativen Wachsthumsverhältnisse von Chroolepus umbrinum getreu wiederholen, ohne die Schwärmsporenbildung, wie sie bei dieser Alge beobachtet ist, jemals einzuleiten.

Aber nicht blos die Theilungsweise, auch der anatomische Bau ist bei Cystococcus humicola fast genau derselbe, wie bei den in Rede stehenden Flechtengonidien. Die Differenzen sind so unerheblich, dass man sie füglich den veränderten Vegetationsverhältnissen und der abweichenden Vermehrungsweise zuschreiben kann. Cystococcus besitzt bekanntlich einen nahezu centralen, dichtern Plasmakern (Chlorophyllbläschen nach Nägeli), welcher in jugendlichen Zellen stets grün gefärbt und dann zart contourirt ist, in späteren Entwicklungsstadien dagegen nicht selten farblos wird und gleichzeitig stärkere und mehr oder minder eckige Contouren annimmt. Nicht selten erscheint derselbe auch in Gestalt einer Hohlkugel, d. h. er ist im mittleren Theil entschieden weniger dicht. Diess erinnert allerdings an die stärkeführenden Chlorophyllbläschen der Conjugaten; es ist mir jedoch nicht gelungen, bei Cystococcus jemals Stärke in diesen Hohlräumen nachzuweisen. Aus diesem letztern Grunde und wegen des Verhaltens bei der Theilung halte ich das fragliche Plasmagebilde für einen Zellkern und werde es fortan mit diesem Ausdruck bezeichnen.

Bei der Theilung wird der Zellkern resorbirt und es bilden sich in den Tochterzellen neue Kerne. Diese letzteren kommen jedoch bei der gewöhnlichen Vermehrungsweise erst nach der Trennung der Theilzellen und nachdem dieselben eine gewisse Grösse erreicht haben, zur Entwicklung; nur wo die Zahl der Theilzellen auf c. 8 beschränkt ist, sind die neuen Kerne schon vor der Trennung derselben ausgebildet.

Eine weitere Eigenthümlichkeit, die man auch bei andern Palmellaceen be-

obachtet, ist der excentrische helle Raum in dem sonst gleichmässig grün gefärbten Inhalt. Derselbe grenzt hier mit ziemlich breiter, von der Fläche gesehen annähernd kreisförmiger Basis an die Innenfläche der Zellmembran und springt in der Profilansicht meist bis in die Nähe des Kerns nach innen vor.

Die Membran ist bei kleineren Cystococcuszellen sehr zart; sie erreicht auch bei den grössern und grössten nur eine sehr geringe Dicke und erscheint dem entsprechend auch da erst bei stärkerer Vergrösserung als feiner Doppelcontour. In Kali gekocht und hierauf mit Jod in Jodkalium behandelt, nimmt dieselbe eine schön indigoblaue Färbung an.

Ausgerüstet mit der Kenntniss dieser Details unterzog ich neuerdings die Gonidien einiger Flechten einer nochmaligen genauen Untersuchung. Ich fand in Physcia parietina und Anaptychia ciliaris (frisch gesammelt im Dezember 1866 nach regnerischer Witterung) zwei günstige Objecte und war nicht wenig erstaunt, hier die eben erwähnten, characteristischen Kennzeichen von Cystococcus wieder zu finden. Sowohl der Zellkern, den ich früher übersehen hatte*), als der excentrische helle Raum, den bis jetzt kein anderer Beobachter wahrgenommen, war bei der Mehrzahl der Gonidien in ganz übereinstimmender Weise ausgebildet, nur dass die Grösse des hellen Raumes im Durchschnitt etwas geringer war, als bei dem untersuchten Cystococcus. In jugendlichen, lebenskräftigen Gonidien zeigte der Zellkern die nämliche grüne Färbung, in ältern war er farblos, stärker und unregelmässiger conturirt, nicht selten auch hohlkugelig, aber ohne Stärkeeinschlüsse. Form- und Grössenverhältnisse, Membrandicke, Färbung des Inhalts und Verhalten gegen chemische Reagentien sind ohnehin schon nach früheren Darstellungen übereinstimmend.

Bei der Theilung wird der Zellkern resorbirt und es entstehen in den Theilzellen neue Kerne. Diess geschieht je nach Umständen bald in früheren, bald in etwas vorgerückteren Entwicklungsstadien. Man trifft z. B. häufig in 8 Zellen getheilte Gonidien von circa 18 Mik. im Durchmesser ohne Kerne in den Theilzellen, während diese letztern in andern Gruppen von gleicher Form und Grösse bereits ausgebildet sind. Es kommt sogar hie und da vor, dass ein noch ungetheiltes Gonidium neben dem unveränderten alten Kern bereits einen oder zwei kleine, zart contourirte Kerne angelegt hat, welche offenbar für die Tochterzellen bestimmt sind.

An zweigetheilten Zellen, denen man hin und wieder begegnet, sah ich den excentrischen hellen Raum öfters noch erhalten; die Scheidewand ging alsdann immer durch diesen Raum oder setzte sich wenigstens seitlich an denselben an. Bei weiter getheilten Gonidien, namentlich bei Gruppen von 8 Zellen, konnte ich eine Unterbrechung der grünen Färbung nicht mehr entdecken.

---

*) Die Flechten, die ich früher behufs Untersuchung der Gonidien im frischen Zustande gesammelt hatte, waren für diesen Zweck offenbar sehr ungünstig; wahrscheinlich waren die Kerne in der Mehrzahl der Gonidien resorbirt. Nur so kann ich es mir erklären, dass ich einen Zellkern, dessen Vorhandensein schon Nylander behauptet hatte, nicht finden konnte. Wo derselbe, wie in den neulich untersuchten Flechten, deutlich ausgebildet ist, kann von einem Uebersehen keine Rede sein.

Alles zusammen genommen wüsste ich in der That nicht, was sich vom anatomischen Standpunkt aus gegen die Annahme, dass die in Rede stehenden Flechtengonidien mit Cystococcus identisch seien, einwenden liesse.

Was nun zweitens Pleurococcus betrifft, so liegt das Characteristische dieser Gattung im Gegensatz zu Cystococcus hauptsächlich in der abweichenden Vermehrungsweise (s. die Darstellung Nägeli's a. a. O. Taf. IV. E), im Mangel eines Zellkerns (Chlorophyllbläschens) und eines excentrischen hellen Raumes und in der beträchtlich geringern Grösse. Das Streben nach Abrundung macht sich hier in den Theilzellen viel rascher geltend als bei Cystococcus, indem die Kugelform der Mutterzelle nach stattgefundener Theilung bald verloren geht: es bilden sich verschiedengestaltige Gruppen, in welchen die Theilzellen stets mehr oder weniger nach aussen vorspringen. — Aehnliche Gruppirungen und entsprechende Grössenverhältnisse beobachtet man nun auch bei Flechtengonidien hin und wieder, so z. B. bei einigen Arten von Endocarpon, (E. psoromoides, miniatum u. a.), sowie ferner bei verschiedenen Krustenflechten, und nach neueren Beobachtungen an Herbarienexemplaren fehlt hier auch der Zellkern. Die Frage erheischt indess eine genauere Untersuchung der frischen Pflanzen, die mir zur Zeit nicht zu Gebote stehen. Vorläufig sei also nur bemerkt, dass, soweit die Beobachtungen reichen, ein wesentlicher Unterschied zwischen Pleurococcus und den fraglichen Gonidien nicht besteht.

Für die übrigen Parallelen ist eine nähere Begründung im Allgemeinen nicht nothwendig; es handelt sich hier nur noch um die spezielle Durchführung, namentlich in Betreff der blaugrünen Gonidien bei Endocarpon, Pannaria u. a., eine Aufgabe die allerdings auf Grund der bisherigen Beobachtungen nicht vollständig gelöst werden kann, aber wahrscheinlich noch gelöst werden wird. — Bezüglich der Gattung Exococcus sei hier nur bemerkt, dass dieselbe bis jetzt nicht näher beschrieben ist. Ich kenne sie nach Zeichnungen und Notizen von Nägeli, wonach die Uebereinstimmung unzweifelhaft erscheint; das wichtigste Merkmal liegt ohnehin in der Vermehrung durch Abschnürung, die bei beiden in gleicher Weise erfolgt (vgl. Nägeli, einz. Alg. Exococcaceen p. 40). Ob übrigens die Pflanze an den Felsen des Mittelmeeres, den Standorten der Roccellen in entsprechender Menge sich vorfindet, ist mir nicht bekannt.

Gehen wir jetzt, nach Darlegung der Gründe, welche für die Algennatur der Flechtengonidien sprechen, zu den Thatsachen über, die man gegen dieselbe vorbringen kann, so dürfte sich Alles, was hier nur einigermassen ins Gewicht fällt, auf folgende zwei Punkte reduciren.

1) In vielen Fällen, wo noch ungetheilte Gonidien in dichtfilzigen oder selbst interstitienlosen jugendlichen Geweben auftreten, würde man schwer begreifen, wie dieselben — wenn es bloss Theilzellen anderer sind — dahin gelangen konnten. Man denke z. B. an das Auftreten der Gonidien bei Sporastatia Morio (s. meine Abhandlung in Flora 1866) und andern Krustenflechten, ferner an die Gonidienbildung im untern Theil des Hypotheciums bei manchen strauch- und laubartigen Flechten, dessgleichen in jungen Adventivästen bei Usnea, Bryo-

pogon etc. (verdient übrigens mit Rücksicht hierauf nähere Untersuchung). Diese Vorkommnisse würden jedenfalls voraussetzen, dass eine Wanderung der Theilgonidien durch mehr oder minder dichtes Fasergeflecht und zwar oft in einer dem Zuge der Schwerkraft entgegengesetzten Richtung stattfinde, was vor der Hand, auch wenn man die Copulation nach Belieben zu Hülfe nimmt, kaum möglich erscheint.

2) Die Annahme, dass die Entwicklung des Thallus und der Apothecien bei der Mehrzahl der strauchartigen Flechten oder vielmehr bei den betreffenden Pilzen von einer und derselben Nährpflanze (Cystococcus humicola) abhängig sei, während doch sonst die Schmarotzerpilze auf sehr verschiedenen Nährpflanzen vorzukommen pflegen, muss à priori als unwahrscheinlich (aber keineswegs als unmöglich) bezeichnet werden. — Auch die vollständige Ueberwucherung der Nährpflanze, wobei die letztere lebhaft, ja in der Regel lebhafter als sonst fortvegetirt, wäre immerhin eine auffallende Eigenthümlichkeit.

Man mag nun das Gewicht der Gründe und Gegengründe höher oder niedriger taxiren, es lässt sich in keinem Falle in Abrede stellen, dass die Annahme einer Parasitenwucherung, als Hypothese ausgesprochen, ihre Berechtigung hat und desshalb eine genauere Prüfung verdient. Ich hatte denn auch bereits angefangen, dieser Frage meine Aufmerksamkeit zuzuwenden; die Untersuchungen wurden jedoch durch meine Uebersiedlung nach Basel unterbrochen. Ich werde dieselben sobald als möglich wieder aufnehmen und behalte mir vor, die Resultate bei einer andern Gelegenheit mitzutheilen.

Erklärung der Tafeln.

Taf. XXII.

Fig. 1—7. Collema intestiniforme Schaer.

Fig. 1 (50). Durchschnitt durch den Thallus und eine kugelförmige Prolification, in Kali erhitzt. Im mittleren Theil des Thallus verlaufen die Fasern vorherrschend in der Längsrichtung, im peripherischen dagegen und in der Prolification senkrecht zur Oberfläche.

Fig. 2 (515) Randstück der Prolification in Fig. 1. Zeigt die peripherischen Verästlungen der Fasern und ihre Scheitelzellen.

Fig. 2b (c. 600). Endstück einer Faser mit ihren Verzweigungen. Die Scheitelzelle links ist stärker angeschwollen.

Fig. 3 (500). Eine Gonidienkette, die mit einer Faser in Verbindung steht. Früher glaubte ich das hier bestehende Verhältniss als ein genetisches deuten zu dürfen. Nach neueren Beobachtungen dagegen und nach wiederholter Durchmusterung meiner hierauf bezüglichen Skizzen und Zeichnungen aus früheren Jahren halte ich es für wahrscheinlicher, dass hier mit Rücksicht auf die Art und Weise des Ansatzes, wonach die Gonidienkette als Fortsetzung des Stieles erscheint, ein Irrthum obwaltet. Der vermeintliche Stiel und die sich anschliessenden Faserzellen konnten in einigen Fällen abgestorbene Gonidien gewesen sein, die den Faserzellen oft täuschend ähnlich sehen; in andern war vielleicht die Kette nach unten umgebogen und abgeschnitten u. dgl. Der Zusammenhang an und für sich ist aber in allen Fällen unzweifelhaft.

Fig. 4 (500). Stück einer Gonidienkette mit einer Grenzzelle.

Fig. 5 (50). Radialschnitt durch den Thallusrand. Zeigt den vorherrschend orthogonal-trajectorischen Faserverlauf.

Fig. 6 (500). Stück eines Durchschnittes durch den Thallus. Die Fasern sind zunächst der Oberfläche vielfach verästelt. Im untern Theil der Zeichnung bemerkt man eine geschlossene Figur.

Fig. 7 (500). Gonidienkette mit ihrer Gallerthülle, in Kali gekocht, ausgewaschen und mit Jod gefärbt.

Fig. 8—10. Lempholemma compactum.

Fig. 8 (500). Gonidienkette mit einer Copulationszelle, letztere ausnahmsweise mit 3gliedrigem Stiel; die Gonidien mit Jod gefärbt.

Fig. 9 (370) Durchschnitt durch den Thallusrand, nach Zusatz von Kali. Die Membranen sind zunächst der Oberfläche gelblich gefärbt, die Fasern, wie in Fig. 2, mehrfach verästelt. Im Innern beobachtet man Gonidienketten mit Copulationszellen.

Fig. 10 (500). Vielgliedrige Gonidienkette mit Copulationszellen in verschiedenen Entwicklungsstadien, nach Zusatz von Jodtinctur. a eine Zelle, die sich eben mit einem kurzen Faserast copulirt hat; b eine zweite, die bereits eine schwach conturirte Membran besitzt; c eine dritte mit deutlicher, doppelt conturirter Membran und unverändertem Inhalt; d eine etwas grössere Zelle, die sich mit zwei Faserästen copulirt hat; e eine Zelle, deren Inhalt zusammengeschrumpft ist und in Jodtinctur farblos bleibt. — Von den Fasern wurden bloss die Zellhöhlungen gezeichnet.

Fig. 11. Lempholemma franconicum.

Fig. 11 (600). Gonidienkette mit einer Copulationszelle und einer gewöhnlichen Grenzzelle.

Taf. XXIII.

Fig. 1. Mallotium tomentosum.

Fig. 1 (515). Durchschnitt durch den Thallus. Lagerunterseite mit Haargebilden.

Fig. 2. Leptogium cyanescens.

Fig. 2 (500). Eine Gonidienkette, bei welcher ausser der Membran der einzelnen Zellen noch ein zarter Contour (die Membran der Mutterzellen) bemerkbar ist.

Fig. 3—5. Omphalaria Girardi.

Fig. 3 (50). Radialschnitt durch den Thallus. Zeigt den vorherrschend orthogonal-trajectorischen Faserverlauf und die Lagerung der Gonidien.

Fig. 4 (500). Gonidien, die sich in zwei oder mehrere Tochterzellen getheilt haben. a nicht lange nach dem Auftreten der ersten Scheidewand; die Stielzelle ist bereits dichotomisch verzweigt. b ein vorgerückteres Stadium: die Membran der Mutterzelle hat sich in zwei dichte Schichten gespalten, die durch eine mittlere wasserreichere getrennt sind; die innere dichte Schicht erscheint als Membran der Tochterzellen, die äussere als äusserer Contur. c die beiden Tochterzellen haben sich wieder getheilt und bereits ein ähnliches Stadium, wie die Mutterzelle in b, erreicht. d ein Gonidium, das sich in 8 Zellen getheilt hat; Stiel wiederholt dichotomisch verzweigt.

Fig. 5 (500). Bildung der Schichten in den Gonidienmembranen. Die dichteren Schichten sind dunkel, die wasserreicheren hell gehalten; der Zellinhalt ist von der Wandung zurückgetreten. Die Stadien a, b entsprechen den gleichnamigen in Fig. 4; in c hat sich die innere dichte Schicht abermals in zwei gespalten

Fig. 6—9. Phylliscum endocarpoides.

Fig. 6 (350). Ein Gonidium mit deutlich geschichteter Membran, nach Zusatz von Jod.

Fig. 7 (350). Ein Gonidium mit seinem Stiel, in Jodlösung.

Fig. 8 (350). Ein zweigetheiltes Gonidium mit gabelig verzweigtem Stiel, in Jodlösung. a von der Seite, b von oben; die eine der beiden Tochterzellen hat sich wieder getheilt.

Fig. 9 (350). Ein zweigetheiltes Gonidium nach Trennung der beiden Tochterzellen. Eine gemeinsame Hülle, wie sie bei Omphalaria vorkommt, beobachtet man hier nicht.

Fig. 10—13. Lecothecium corallinoides.

Fig. 10 (500). Durchschnitt durch eine junge Thallusanlage, nebst einem kleinen Theil des bläulichen Protothallus. Die Thallusanlage lässt bereits eine Rindenschicht und ein kleinzellig-parenchymatisches Markgewebe mit Gonidienketten unterscheiden.

Fig. 11 (300). Durchschnitt durch ein Thallusschüppchen, nach Erhitzen in Kali. Die Gonidienketten treten nach dieser Behandlung am deutlichsten hervor, während das Gewebe ohne Kalizusatz ein schärferes Bild gewährt.

Fig. 12 (500). Gonidiengruppen, welche durch Theilung nach verschiedenen Richtungen des Raumes entstanden sind. In b sind die zwei Zellen rechts nur locker mit den Zellen links verbunden; in c hat eine vollständige Trennung entsprechender (nach oben gekehrter) Zellen stattgefunden, so dass die ganze Gruppe als hackenförmig gekrümmte Kette erscheint. (Vgl. den Text).

Fig. 13 (500). Gonidienkette, nach Kochen des Präparates in Kali durch Druck isolirt.

Fig. 14—17. Ephebe pubescens.

Fig. 14 (400). Zwei Querschnitte durch die Thallusspitze. Die peripherischen Fasern erscheinen als kleine Höhlungen in einer homogenen Gallerthülle. In a sind dieselben von einer Seite, in b von drei Seiten her zwischen die Gonidien eingedrungen.

Fig. 15 (500). Längsansicht der Thallusspitze nach Erhitzen in Kali. Die peripherischen Fasern verlaufen bis zur Scheitelzelle; ihre Verästlungen dringen schon frühzeitig zwischen die Gonidien ein.

Fig 16 (500). Gonidiengruppen aus dem ältern Thallus, nach Erhitzen in Kali mit Jod behandelt. Die 4 kleineren Gruppen links gehören zusammen, sind aber stellenweise bereits durch hineinwachsende Fasern von einander getrennt.

Fig. 17 (500). Eine kleine Gonidiengruppe, d. h. eine in mehrere Theilzellen getheilte Mutterzelle.

Fig. 18—21. Coenogonium Linkii.

Fig. 18 (600). Ein stark übersponnener Thallusfaden, ausnahmsweise mit zahlreichen seitlich abgehenden Faserästen.

Fig. 19 (600). Querschnitt durch einen ähnlichen Thallusfaden.

Fig. 20 (300). Ein Thallusfaden mit rechtwinkelig abgehenden Aesten, nach Erhitzen n Kali. Die umspinnenden Fasern sind nicht gezeichnet.

Fig 21 (500). Scheiteltheil eines Thallusfadens. Die zarten peripherischen Fasern verlaufen bis zur Wölbung der Scheitelzelle.

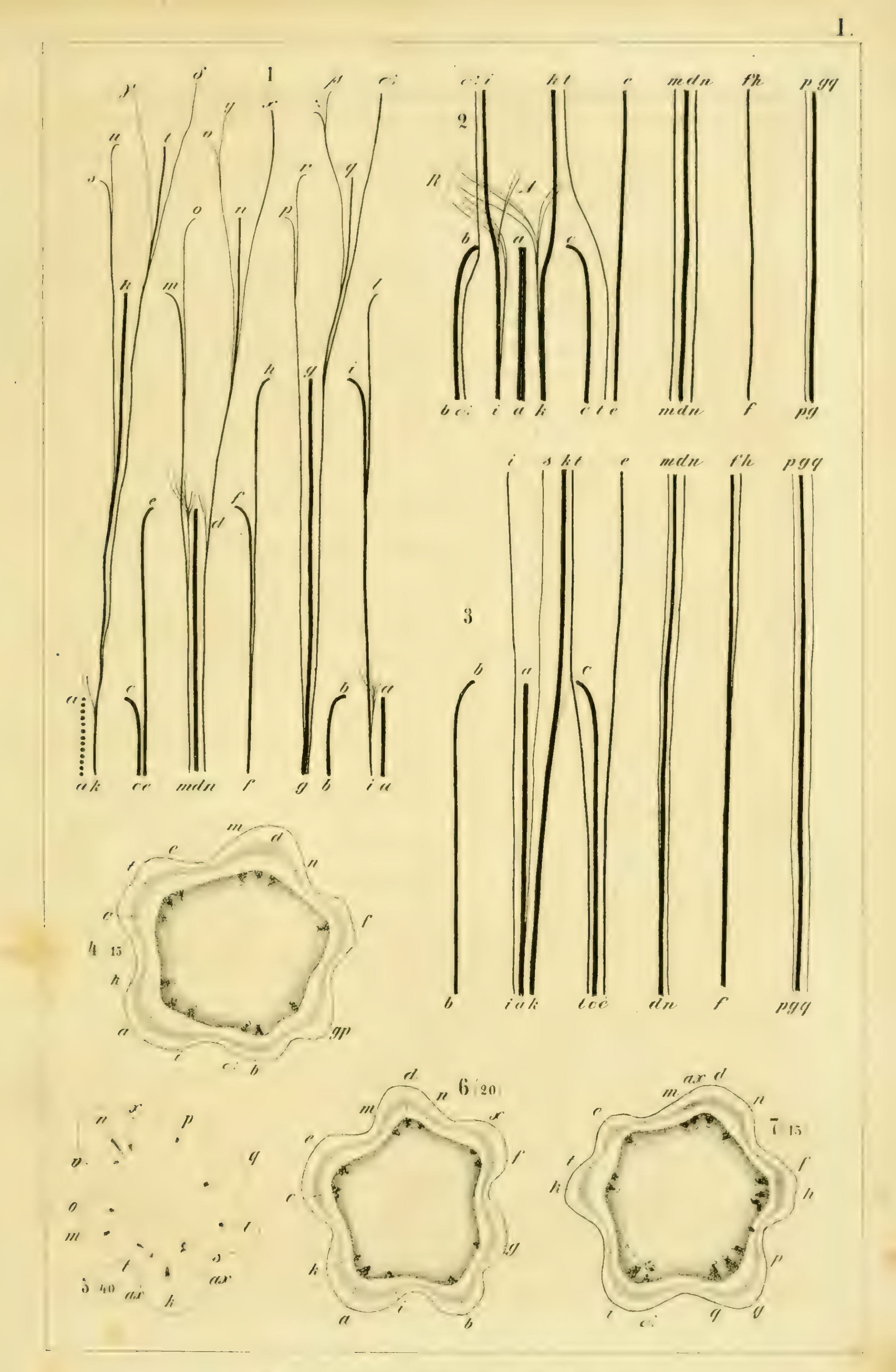
Fig. 22. Spilonema paradoxum.

Fig. 22 (500). Längsansicht der Thallusspitze nach Kochen in Kali. Die peripherischen Fasern treten im Allgemeinen spärlicher auf, als bei Ephebe; im dargestellten Fall reichen sie nicht bis zum Scheitelgonidium.

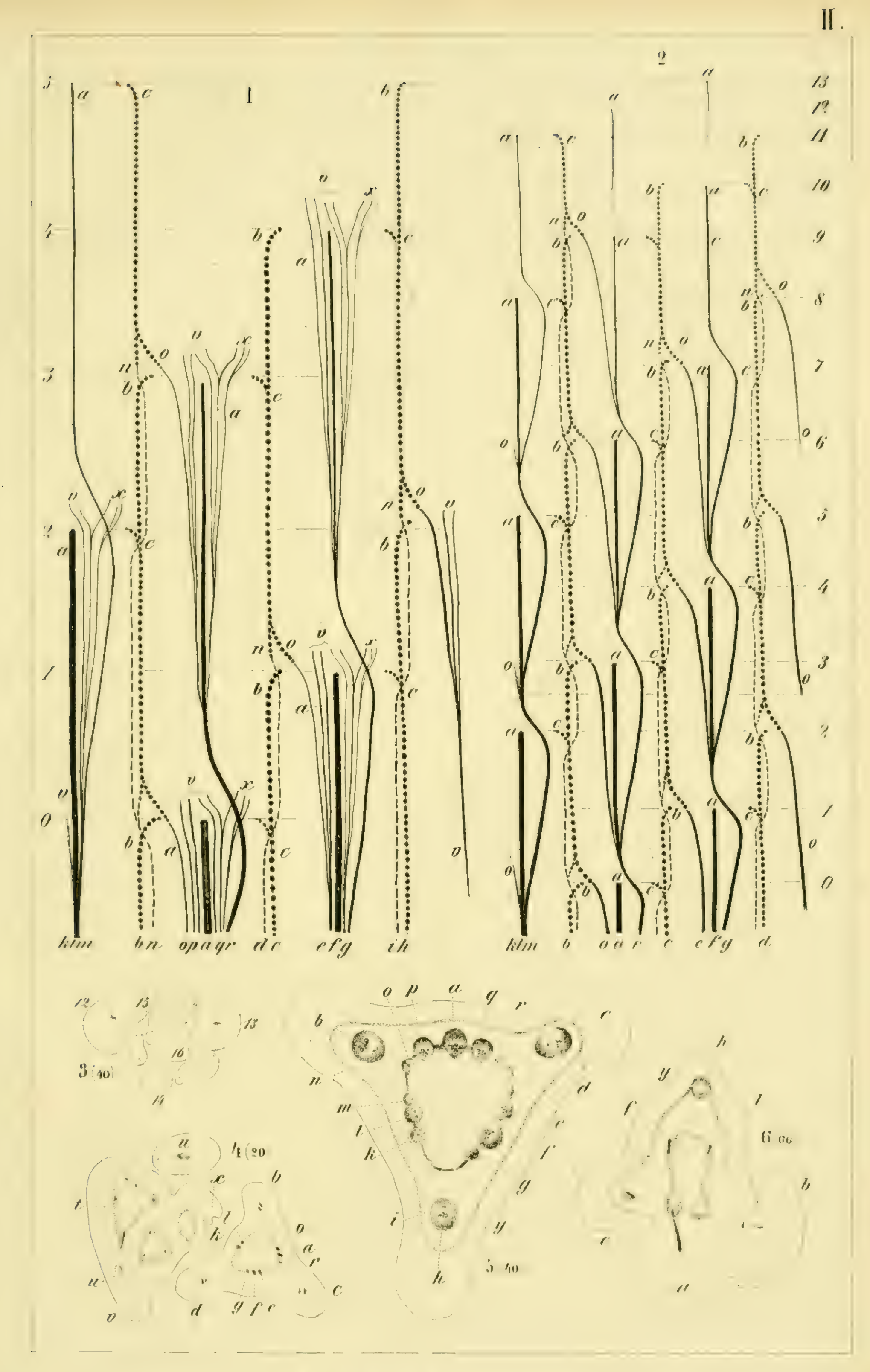
Fig. 23—24. Psorotichia murorum.

Fig. 23 (500). Gonidiengruppen a die 8 Theilzellen sind wie die Ecken eines Würfels gestellt b Durchschnitt durch eine grössere Gruppe mit gestielten Theilzellen.

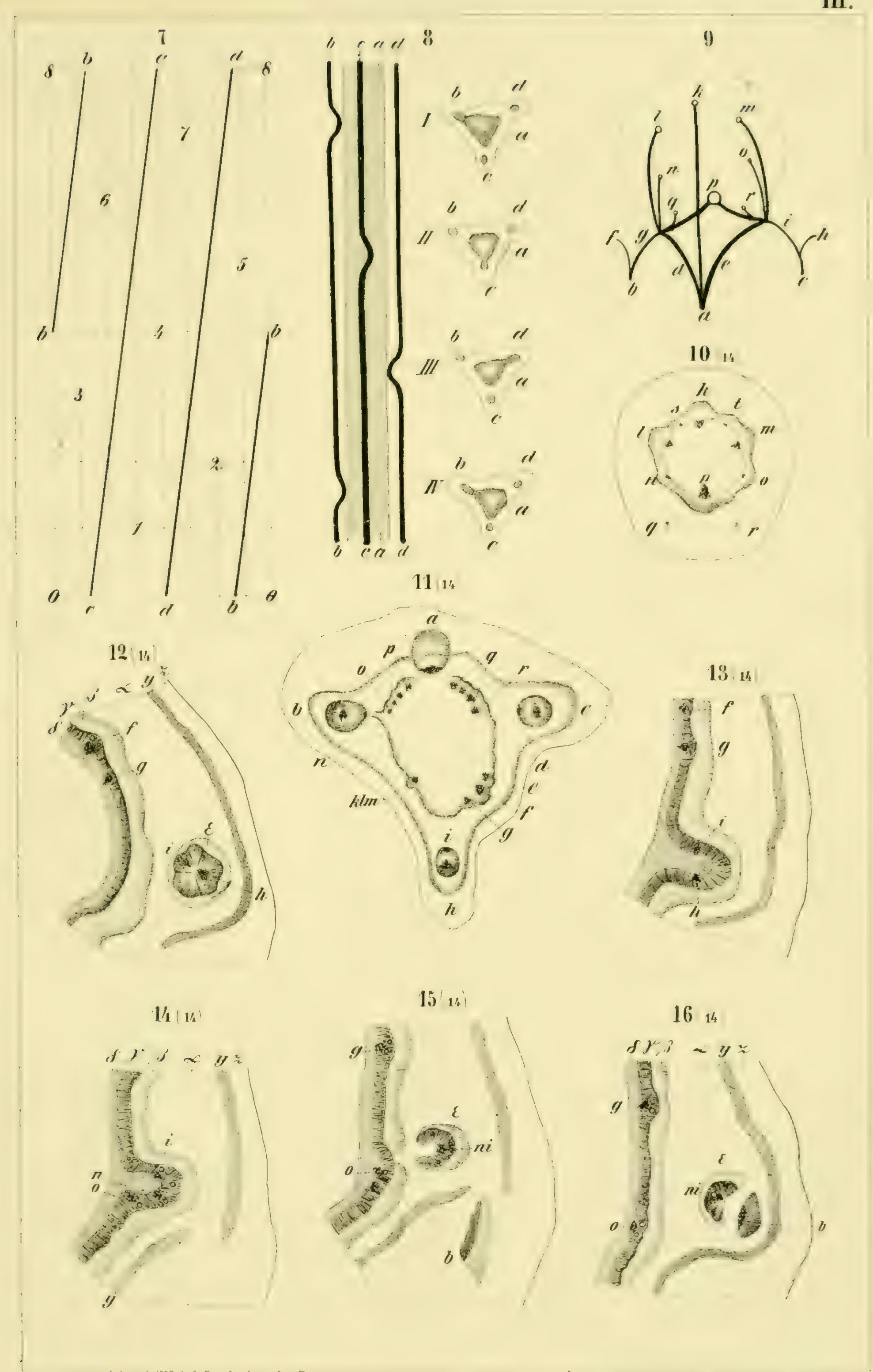
Fig. 24 (500). Zwei Gonidiengruppen mit verzweigten Stielzellen.



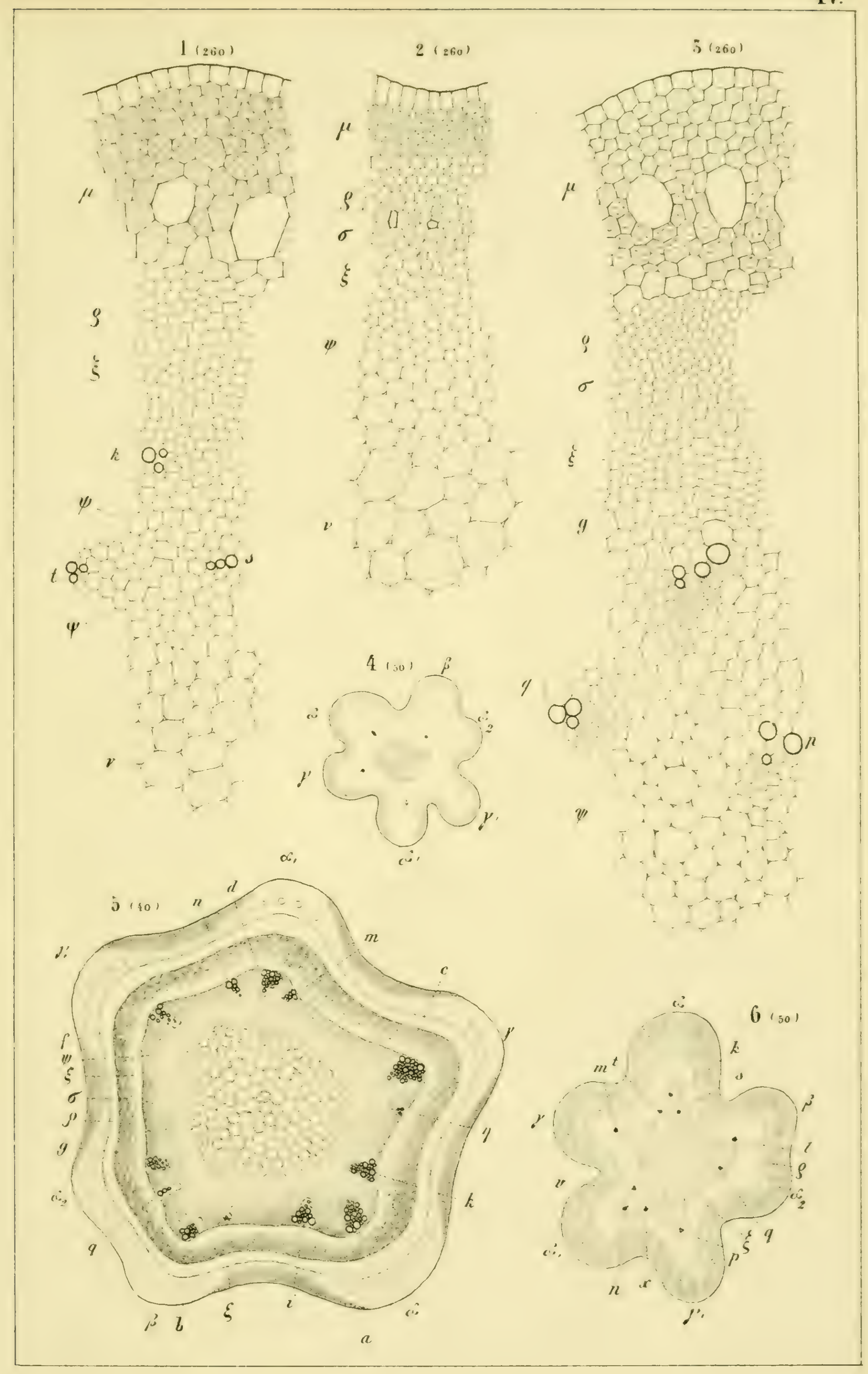
Cardiospermum inflatum.



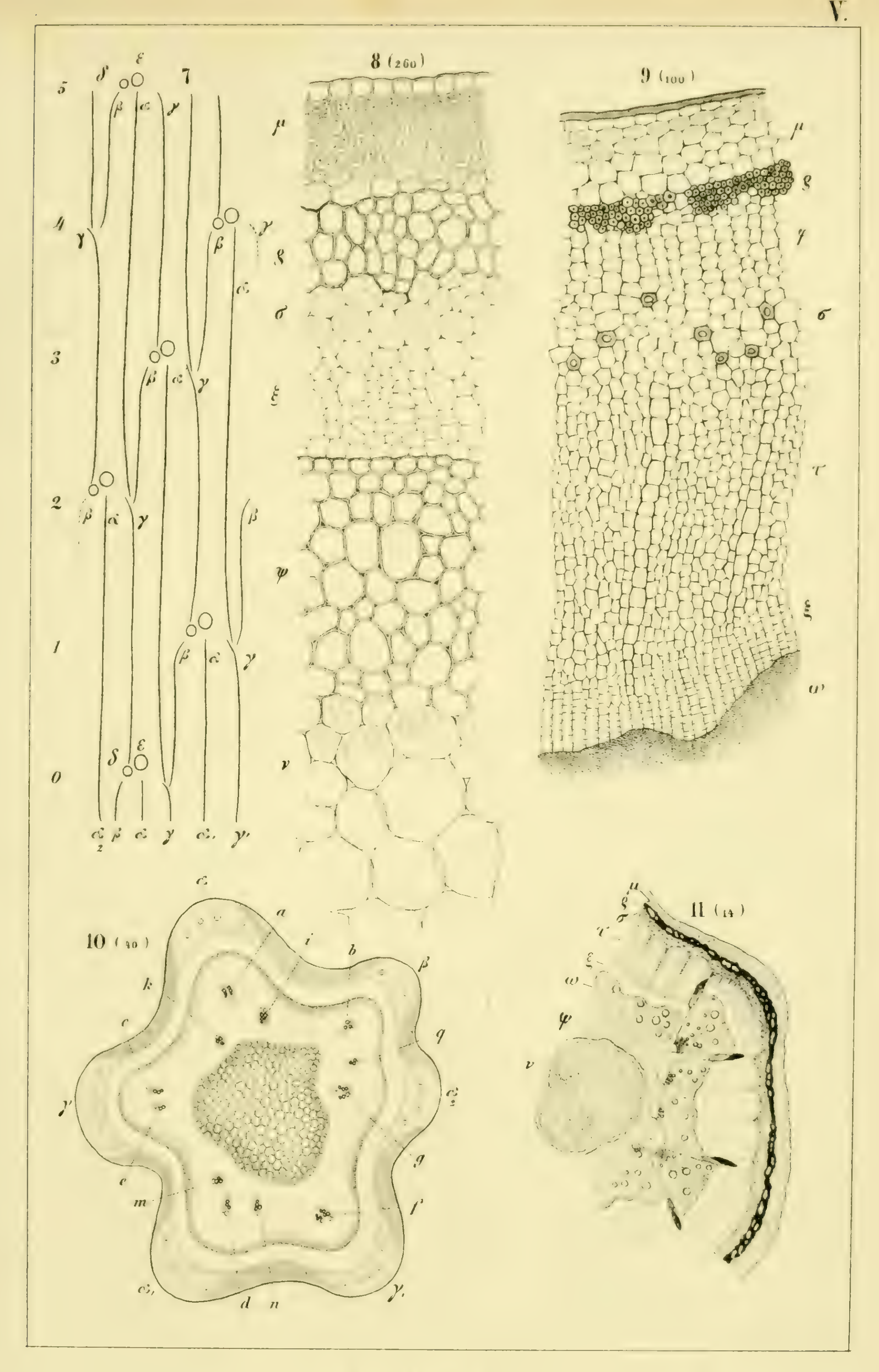
Urvillea ferruginea.



Urvillea ferruginea.



Paullinia spec.



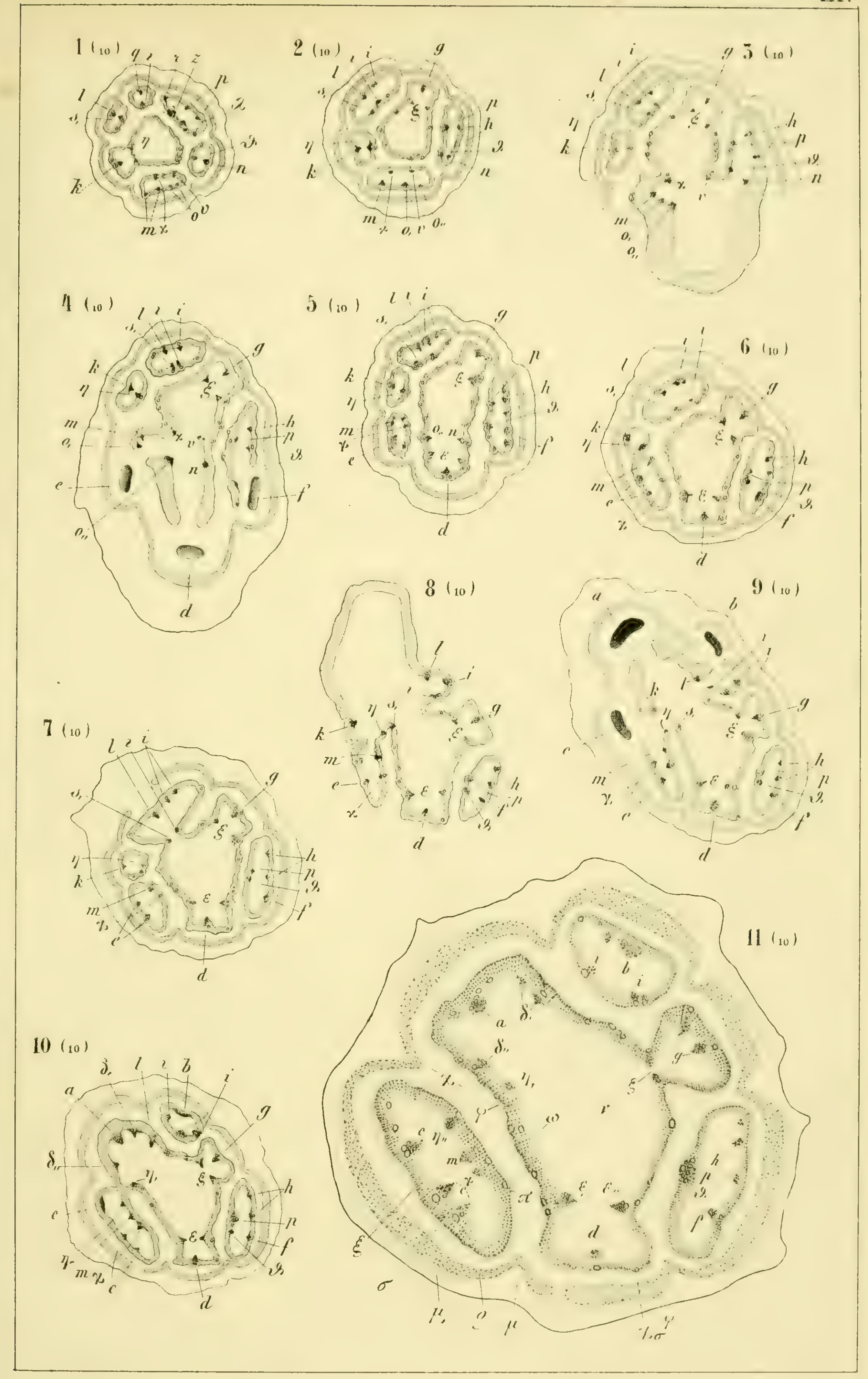
Paullinia spec.



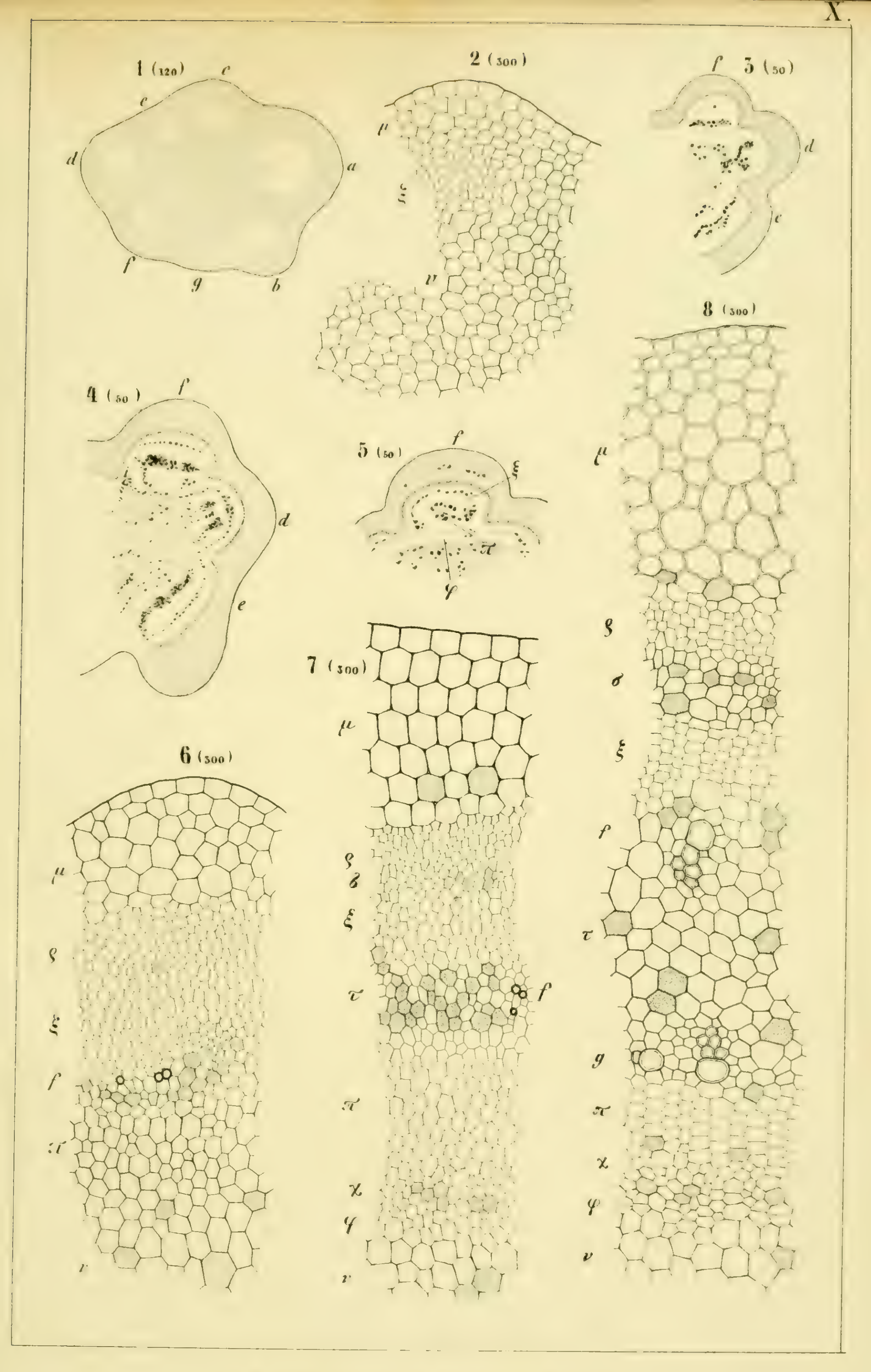
1-8 Paullinia alata. 9 Serjania mexicana.



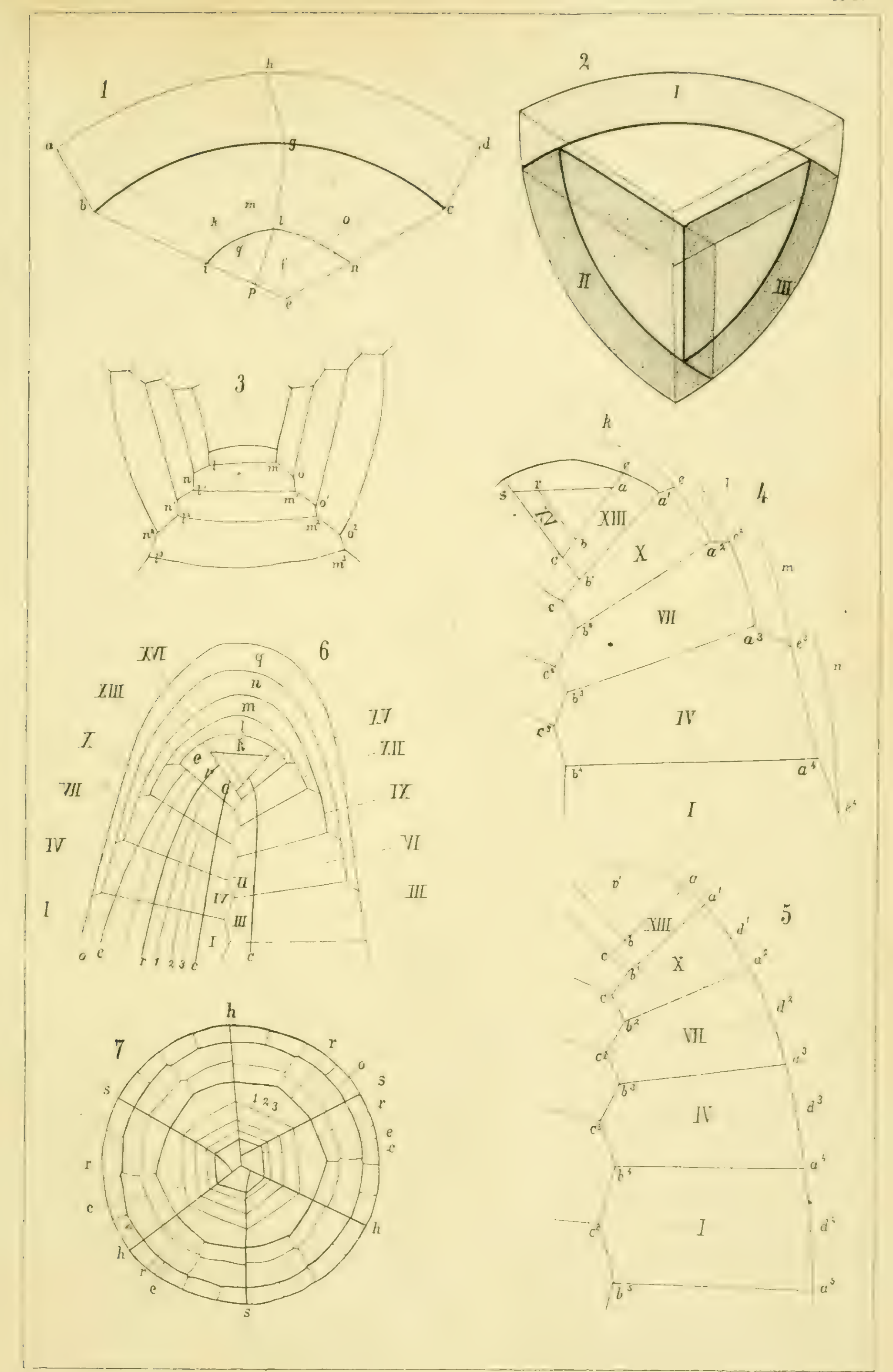
Serjania caracassana.



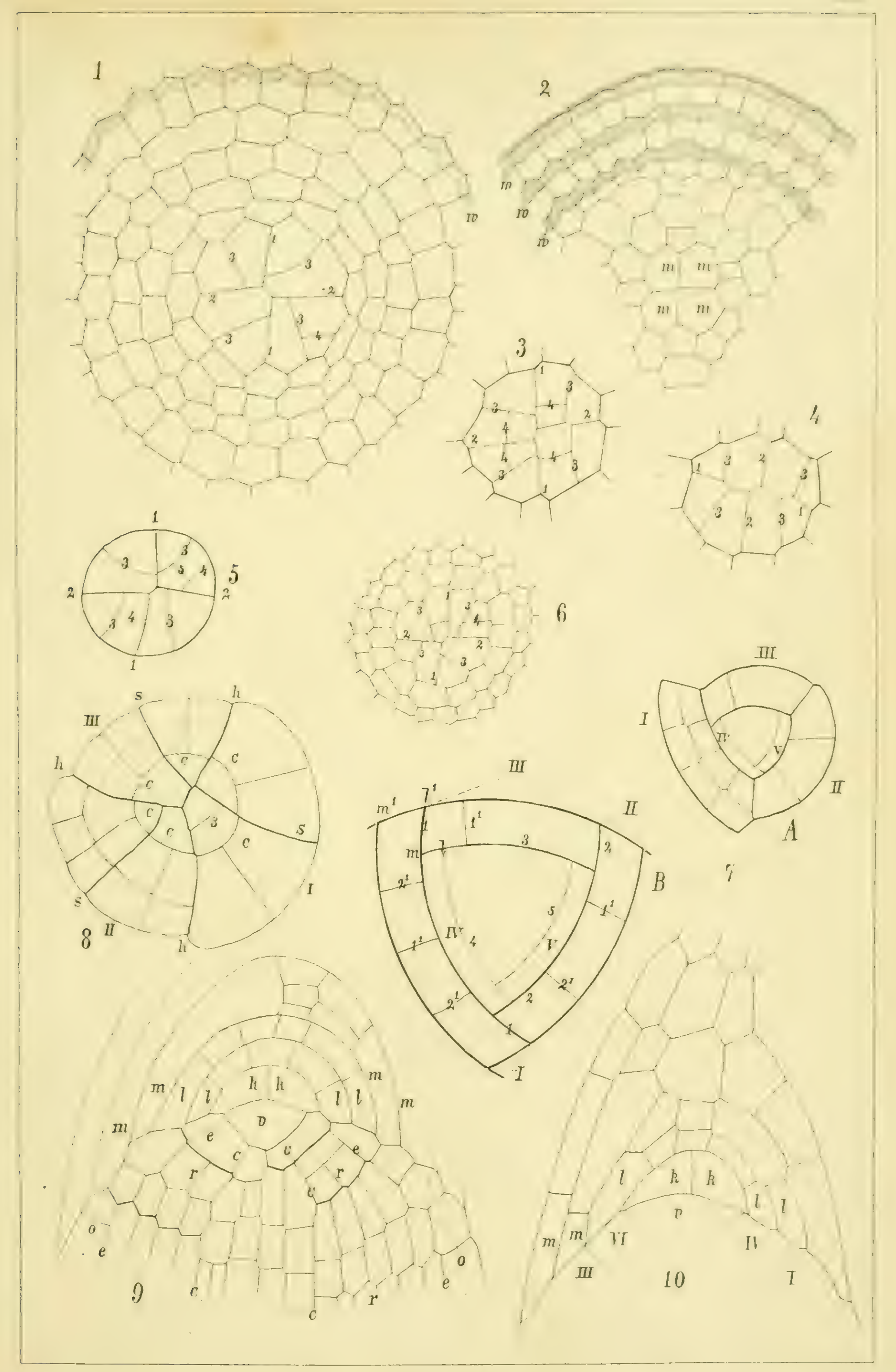
Serjania caracassana.



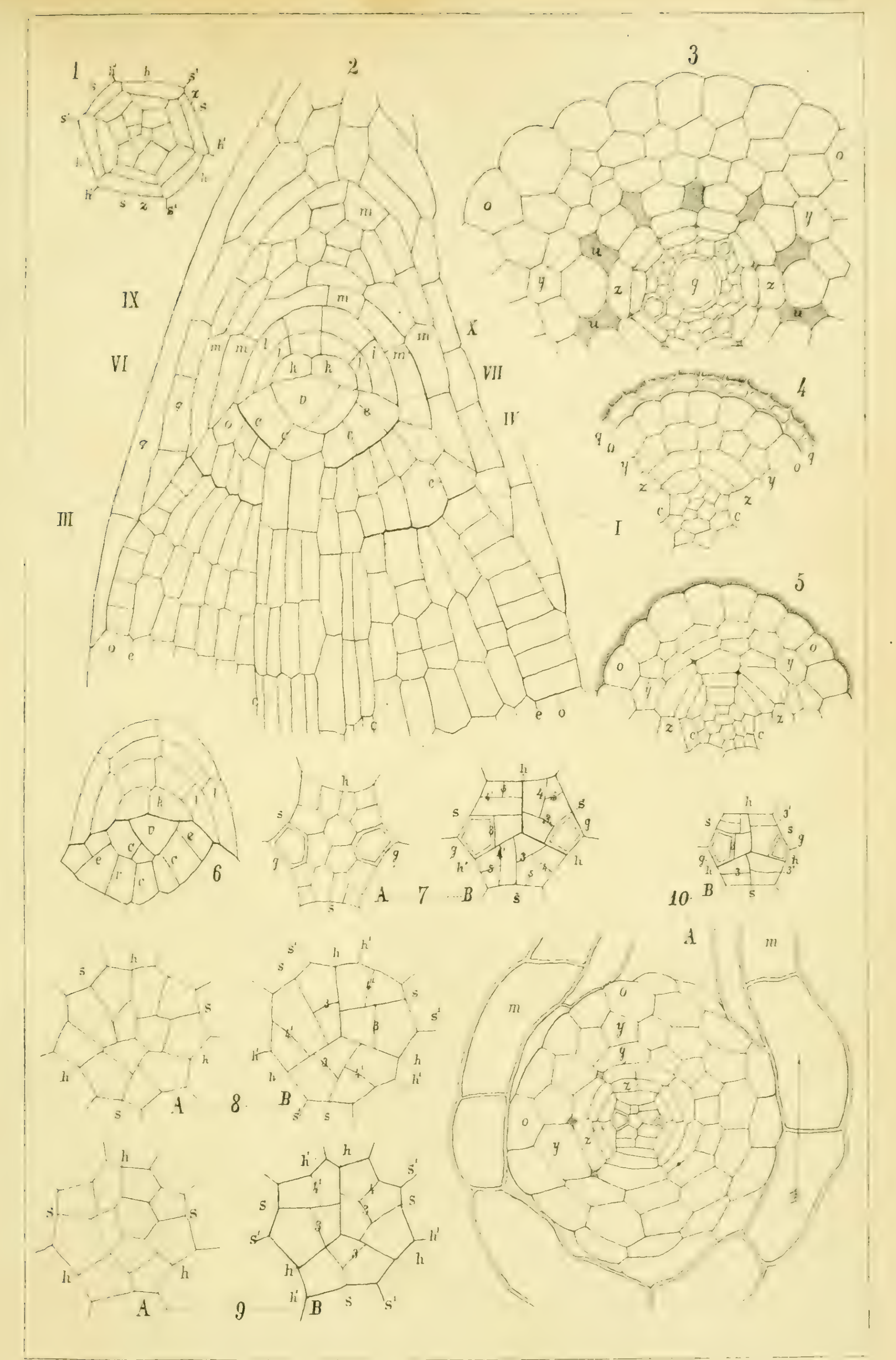
Serjania caracassana.



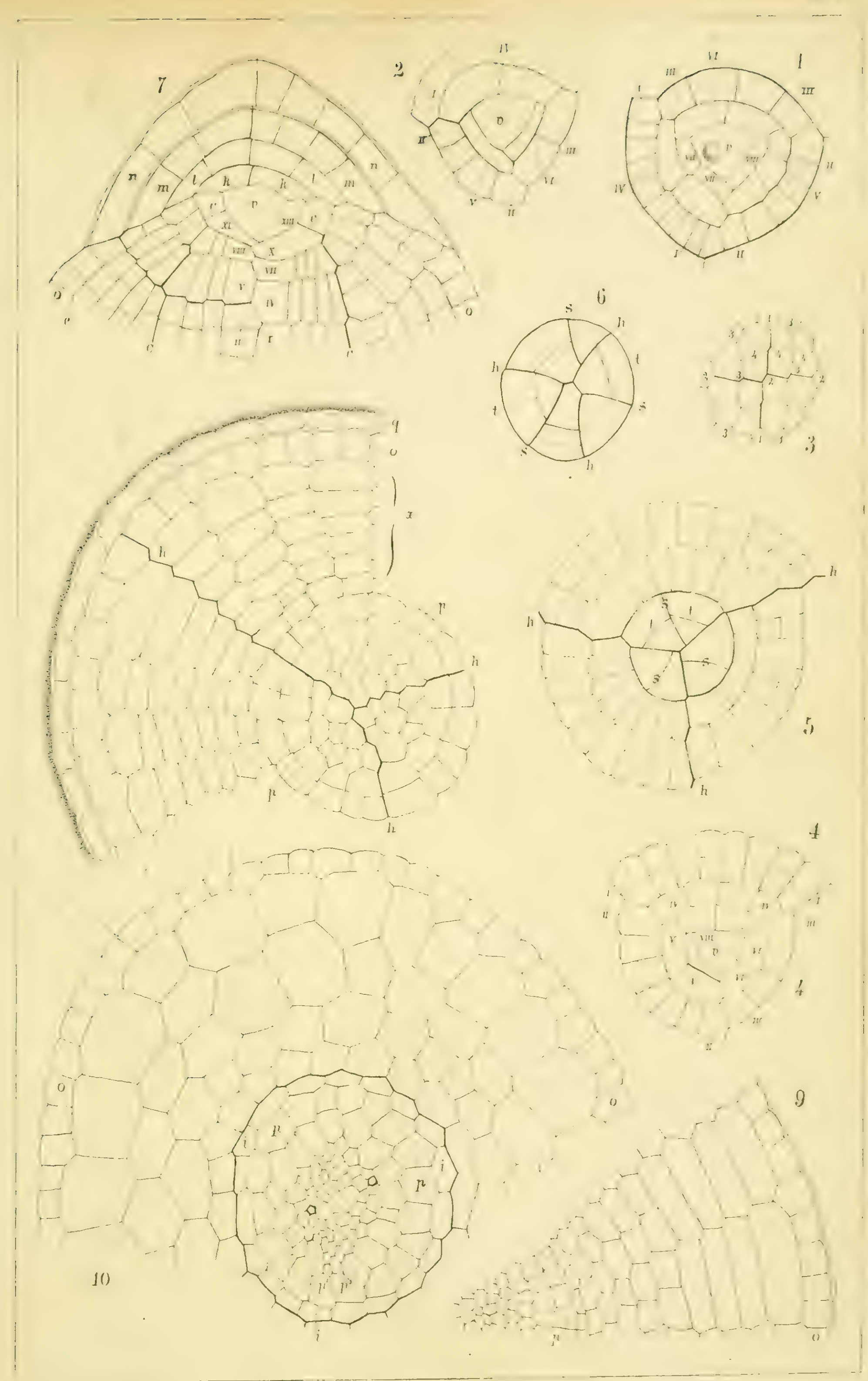
1
a
b
h
g
d
c
m
k
l
o
q
i
n
p
e
2
I
II
III
3
4
k
s
r
a
a'
XIII
X
VII
IV
I
m
n
b'
b^4
a^4
5
XIII
X
VII
IV
I
a'
d'
a^3
d^3
b^5
a^5
6
XVI
XIII
X
VII
IV
I
q
n
m
l
k
e
d
II
III
IX
VI
o
r 1 2 3 c
7
h
s
r
o
e
c
1 2 3



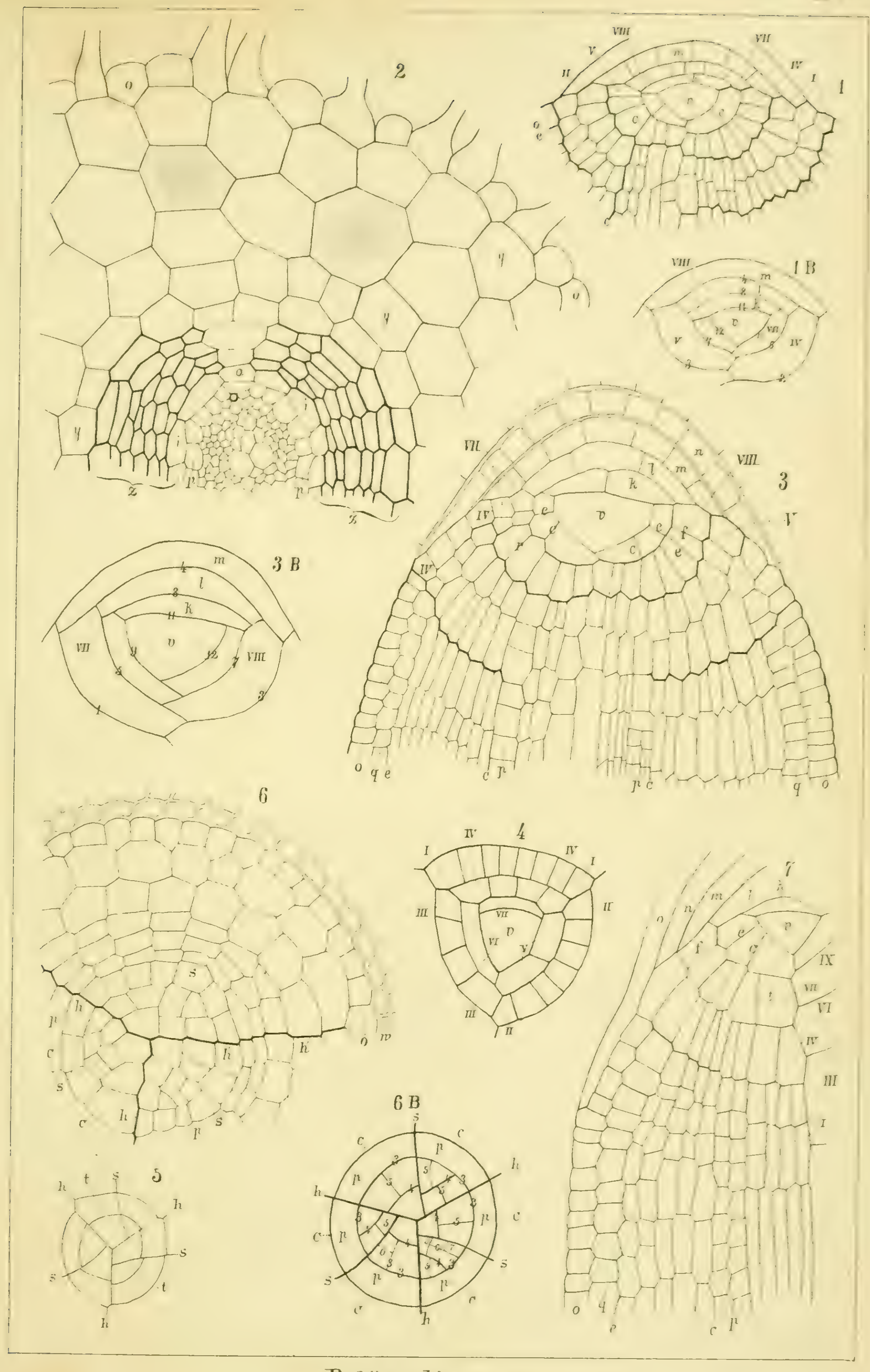
Equisetum.



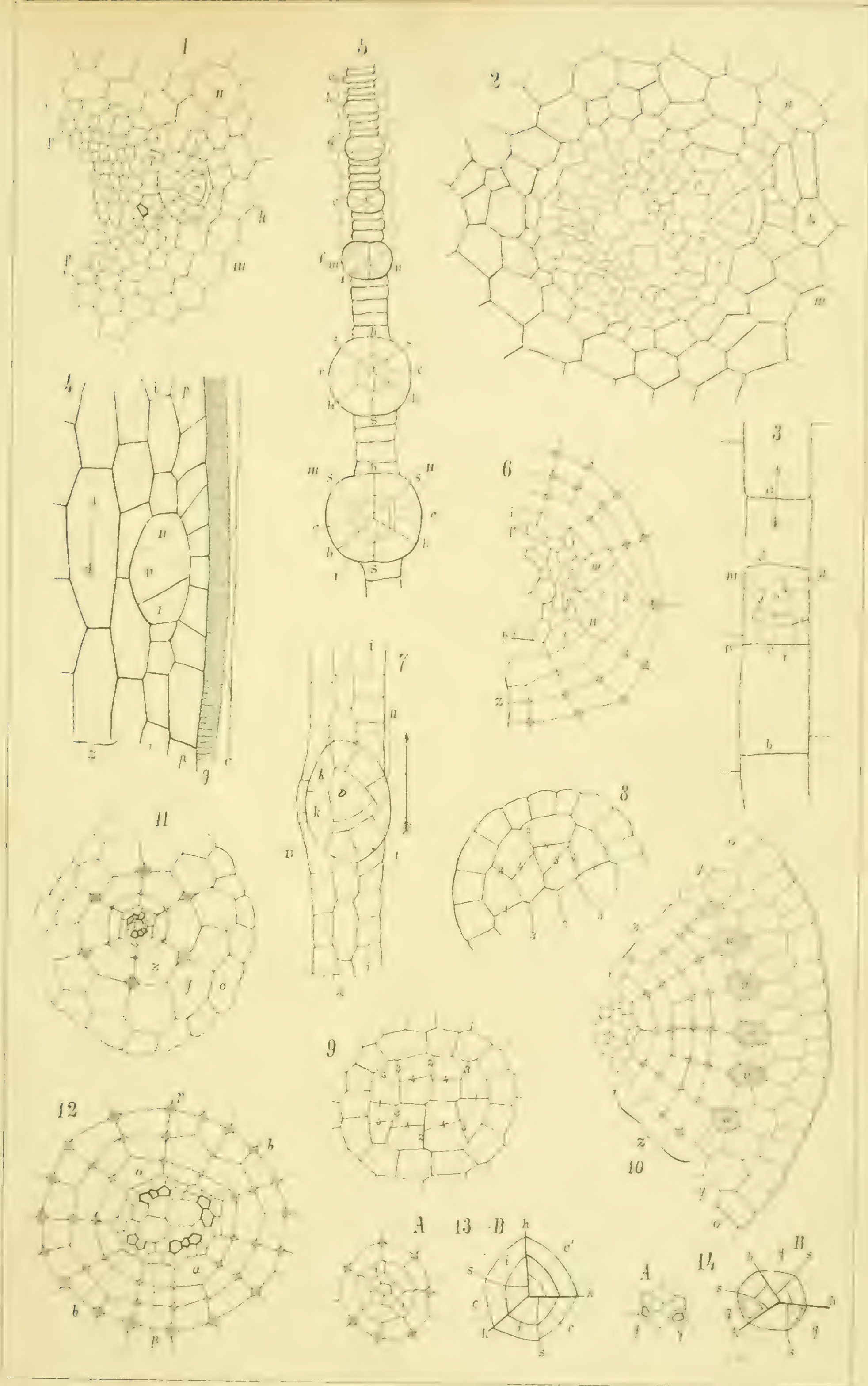
Equisetum.



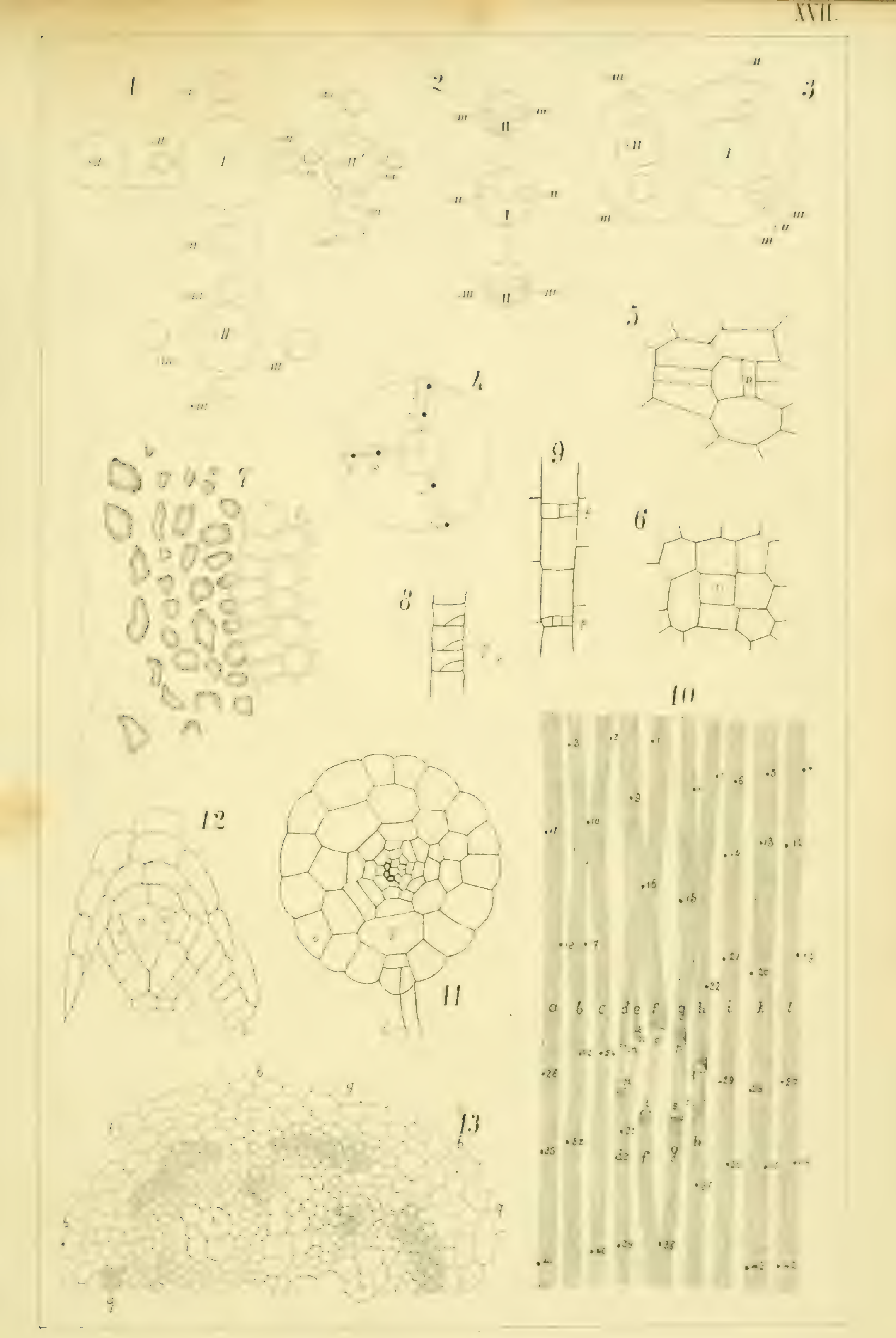
Polÿpodiaceae.



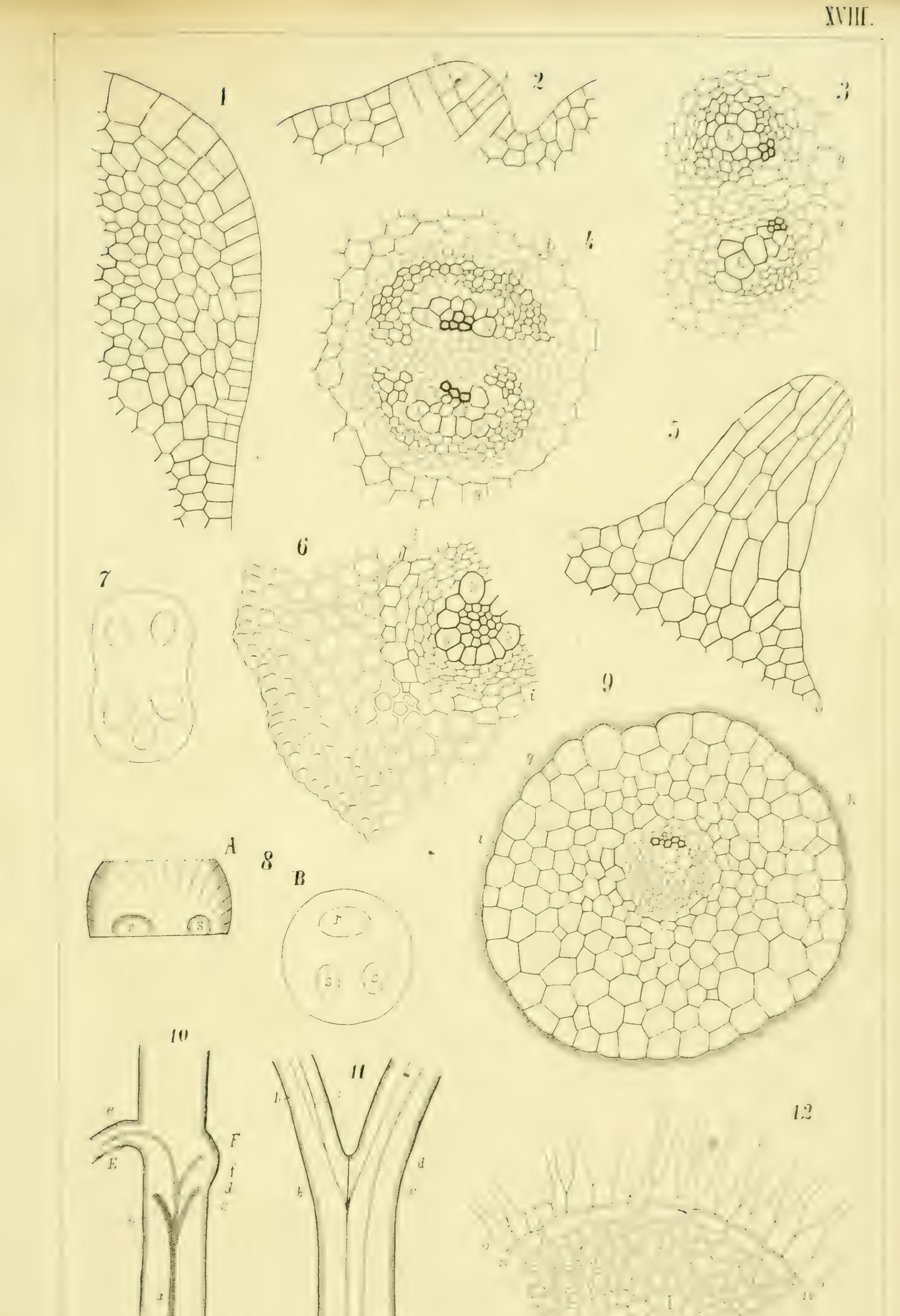
Polÿpodiaceae.



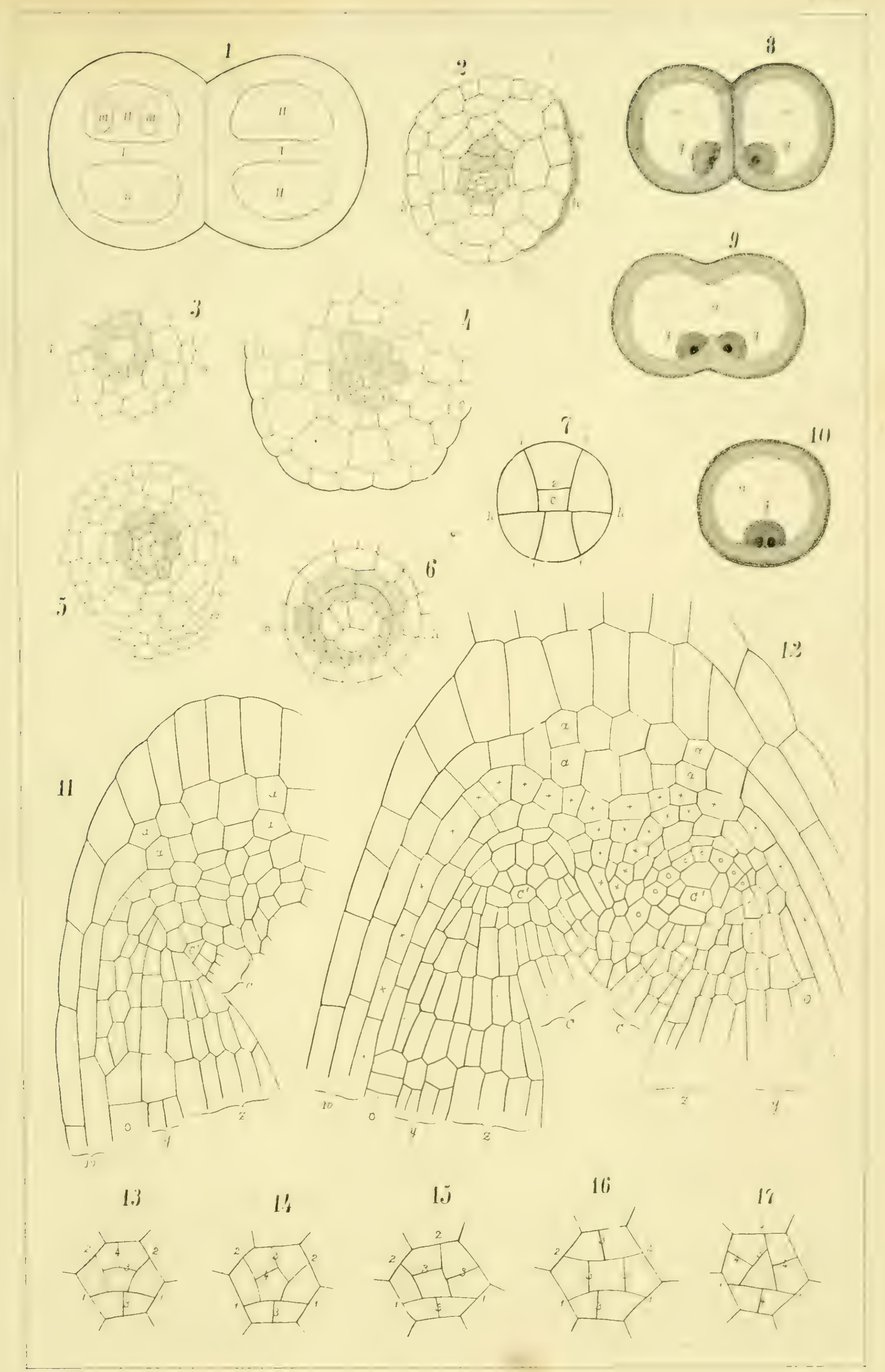
1-4 Polÿpodiaceae. 5-12 Marsilia.



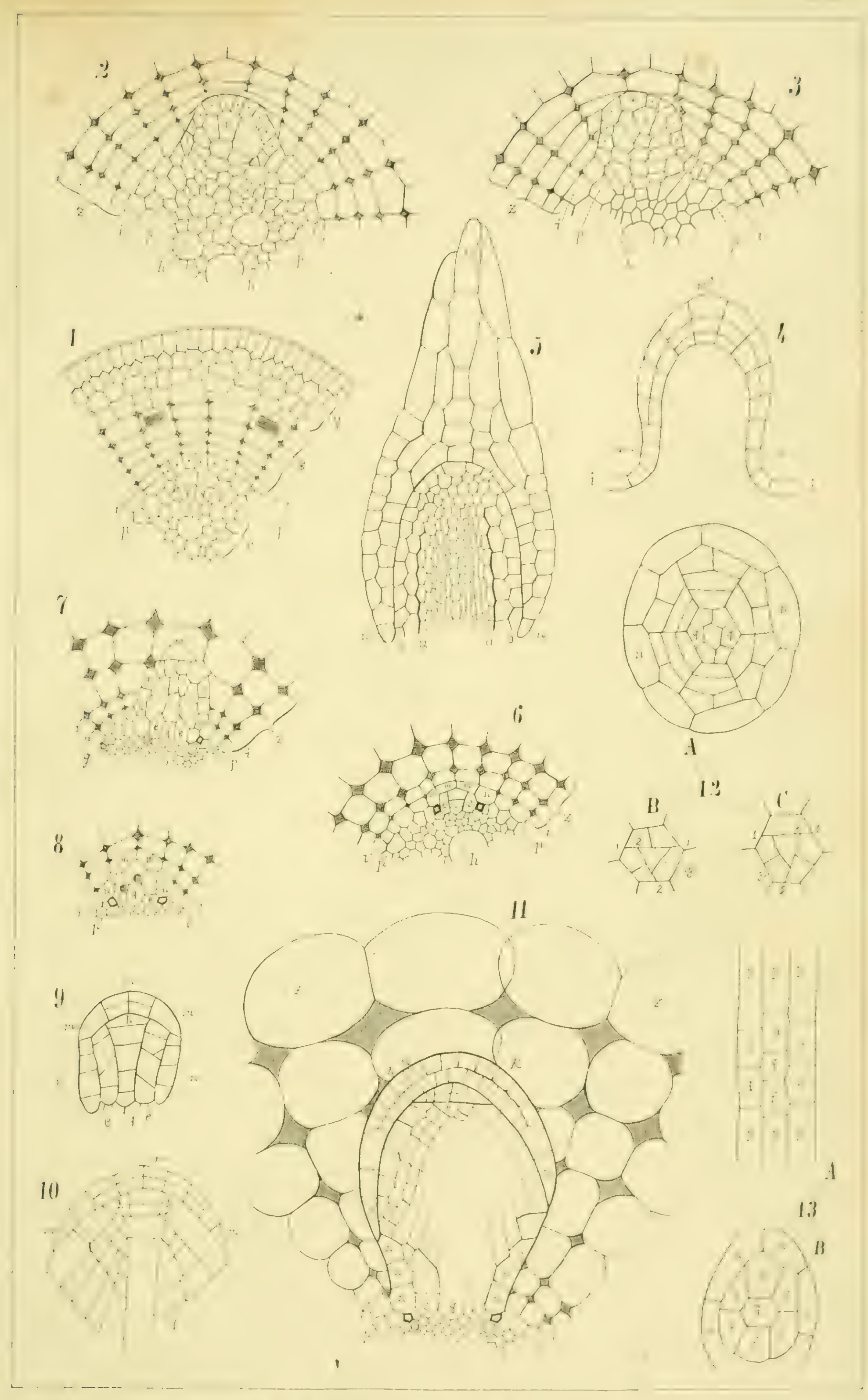
Lÿcopodium.



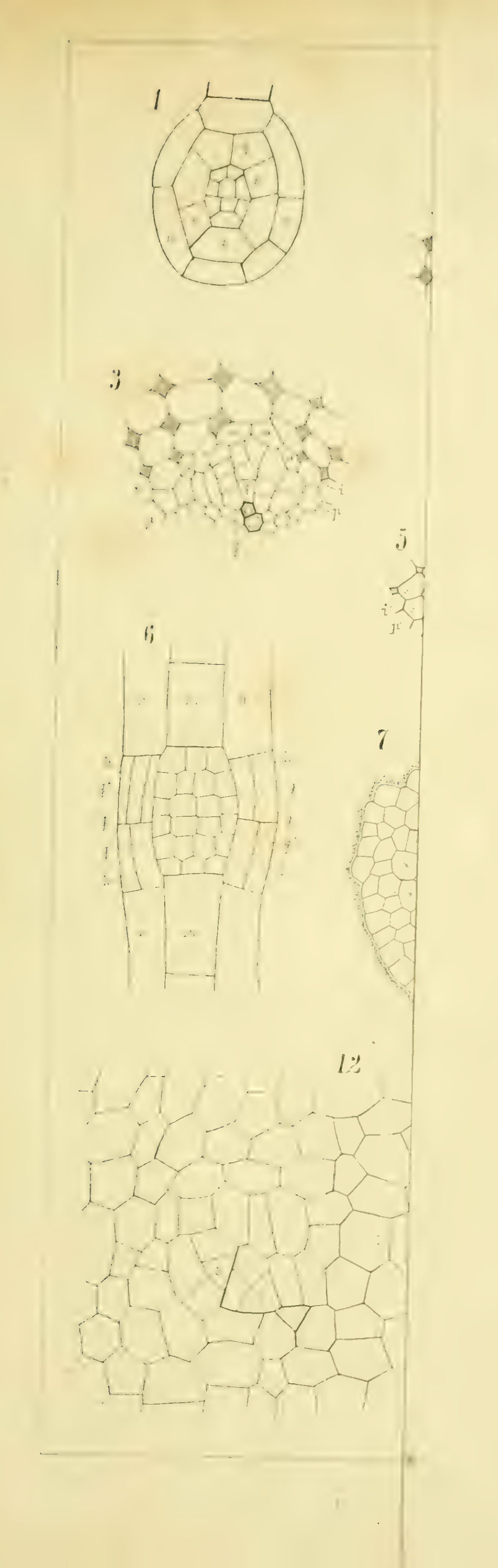
Selaginella.

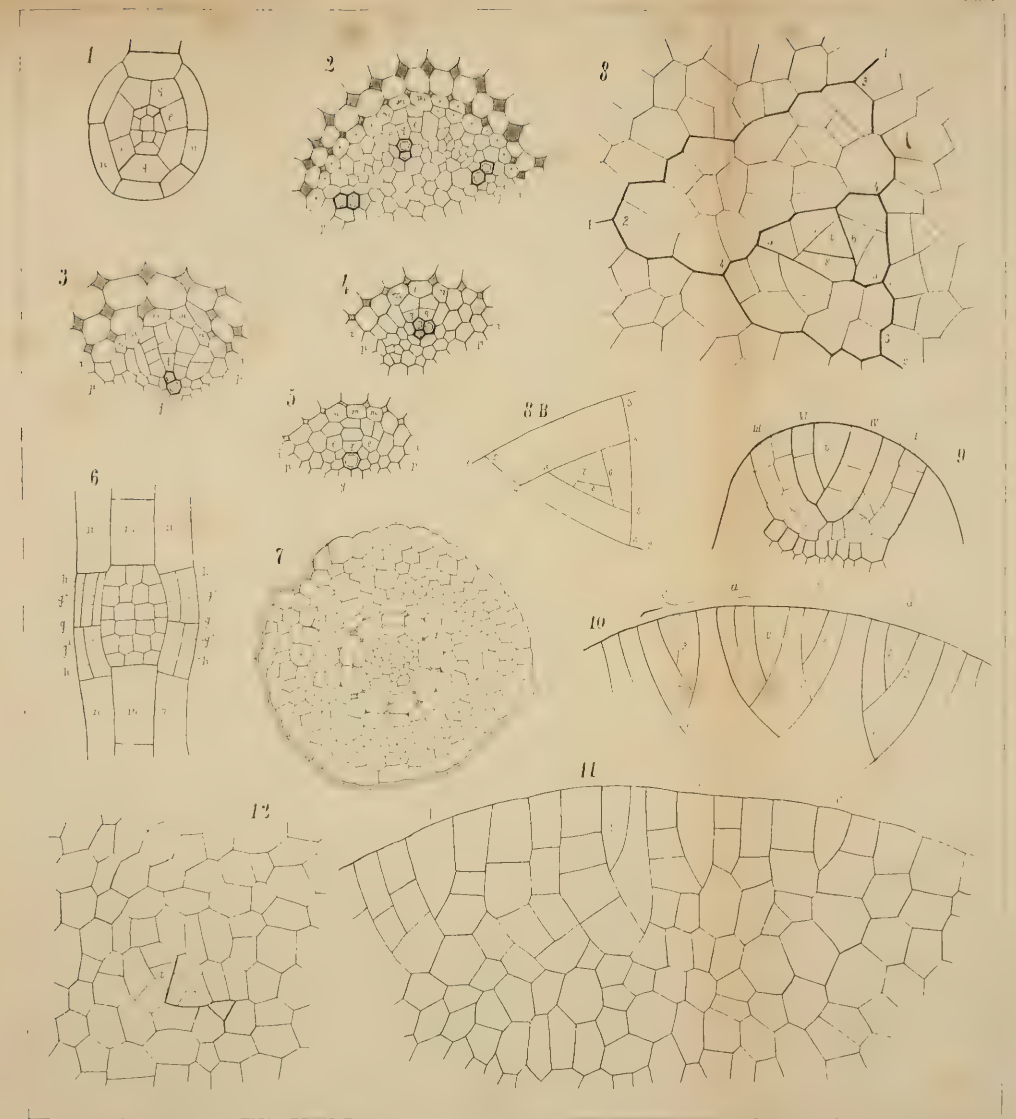


Isoëtes.

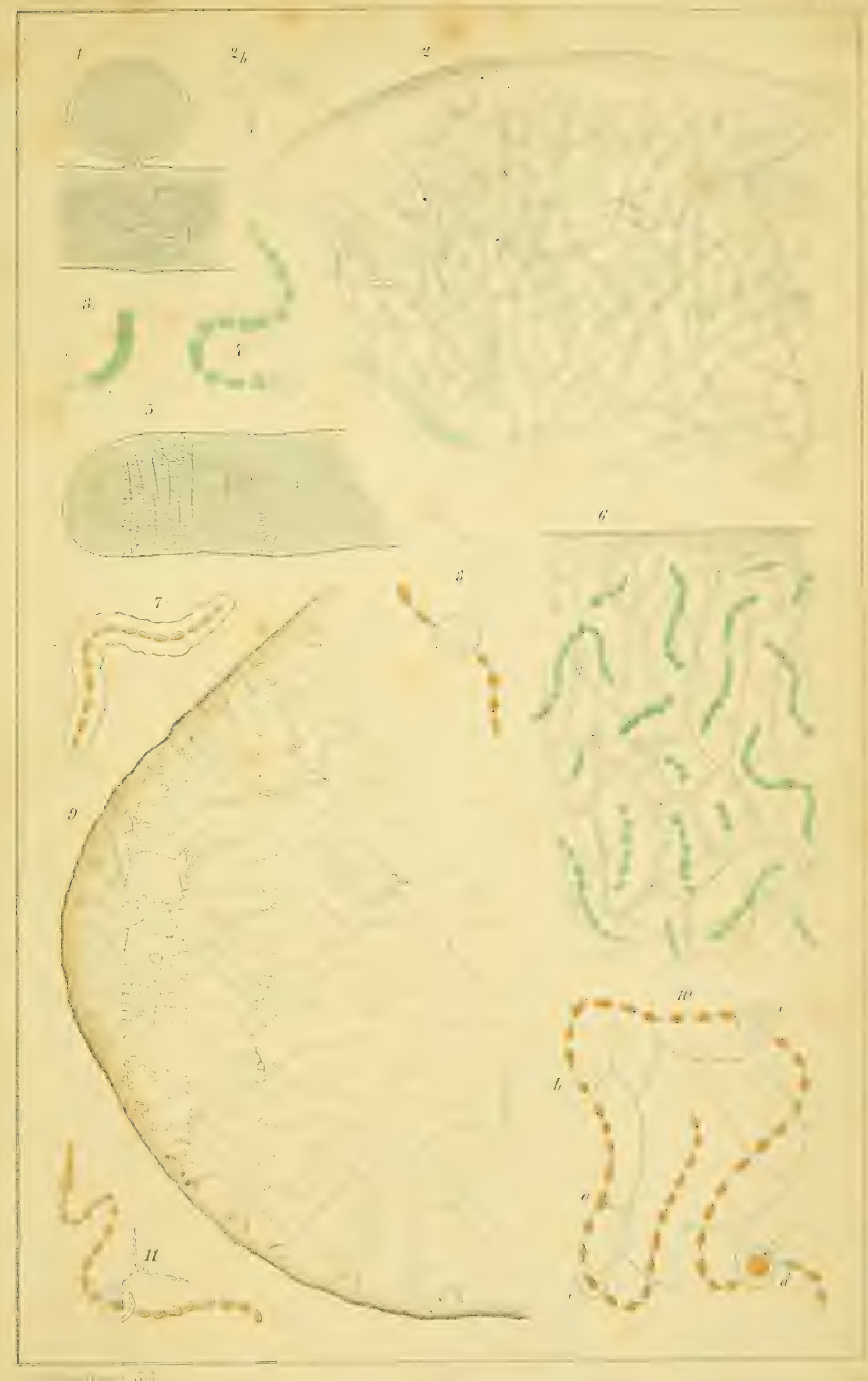


1-5 Pontederia 6-14 Orÿza.

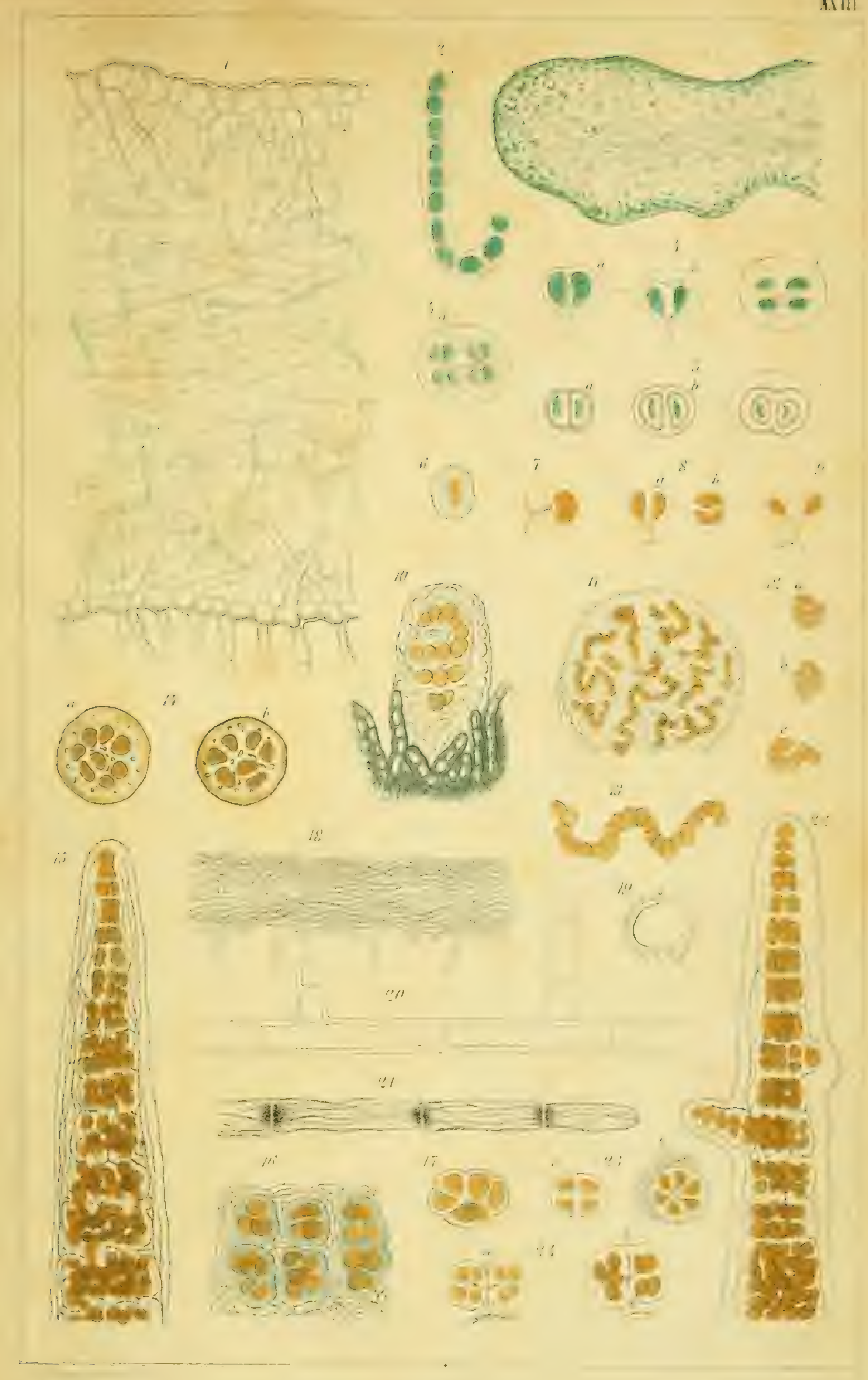

1
3
i
p
5
i
p
6
7
12



1-7 Phanerogamen. 8-12 Psilotum.



1-7 Collema. 8-11 Lempholemma.



Mallotium. 2 Leptogium. 3–5 Omphalaria. 6–9 Phylliscum. 10–13 Lecothecium. 14–17 Ephebe. 18–21 Coenogonium. 22 Spilonema. 23–24 Psorotichia.

